



L’épandage aérien de produits anti-parasitaires

Rapport du groupe de travail institutionnel en charge de la saisine AFSSE

Juin 2005



<u>Co-pilotage scientifique</u> :

Mesdames

Céline Boudet
Agence française de sécurité sanitaire environnementale (AFSSE)

Corinne Mandin
Institut national de l’environnement industriel et des risques (INERIS)

Membres permanents du groupe de travail institutionnel :

Mesdames

Anne Alix
Institut national de la recherche agronomique, Structure scientifique mixte (INRA-SSM)

Christine Lorente (suppléante, Florence Coignard)
Institut de veille sanitaire, Département santé environnement (IVS-DSE)

Corinne Pilorget
Institut de veille sanitaire, Département santé travail (InVS – DST)

Messieurs

Gilles Bocquené
Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER)

Bernard Bonicelli
Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement (Cemagref)

Philippe Bouteilloux
Direction générale de l'armement (DGA)

Jean Duchemin*
Agence de l'eau Seine-Normandie (AESN)

Christophe Martinet
Service régional de protection des végétaux, Direction régionale de l'agriculture et de la forêt de Picardie (SRPV, DRAF-Picardie)

Thierry Mercier
Institut national de la recherche agronomique, Structure scientifique mixte (INRA-SSM)

Maurice Millet
Centre national de la recherche scientifique de Strasbourg (UMR CNRS-ULP)

Stéphane Roy
Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM)

Eric Thybaud
Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS)

Auditions et contributions extérieures :

Messieurs

Jean Chaussepied, Syndicat national des exploitants d'hélicoptère (SNHE)
Christian Guyot, BayerCropSciences
Philippe Kuntzmann, Institut technique de la vigne et du vin (ITV)

Avec le concours de Mme Sabrina Pontet (AFSSE), des Services régionaux de protection des végétaux (SRPV) et de Mme Carole Bedos et M. Benjamin Loubet (INRA-Grignon)

*** L'Agence de l'eau a manifesté son intérêt pour le travail engagé mais Monsieur Duchemin, désigné pour représenter cet organisme, n'a pu participer aux différentes réunions du groupe de travail.**

Sommaire

Sommaire ... 3
Tableaux et Figures ... 5
Acronymes ... 6
Résumé exécutif ... 8
I- Introduction ... 15
II- Textes réglementaires et pratiques ... 18
A- Contexte réglementaire national ... 18
B- Au niveau international : procédures et pratiques ... 22
III- Etat des connaissances et retour d'expérience ... 28
A- Sur la source : les pesticides autorisés pour l'épandage aérien et état des lieux de leur utilisation en France ... 28
1- La procédure d'autorisation de mise sur le marché ... 28
1.1- Quelques définitions ... 28
1.2- Dispositif général ... 28
1.3- Instances participant à l'AMM ... 29
1.4- Remarques diverses ... 30
1.5- Exemption d'AMM ... 31
2- Guides techniques et bases de données disponibles ... 31
2.1- Évaluation de la toxicité, de l'écotoxicité et scénarios d'exposition envisagés dans l'AMM ... 31
2.2- AGRITOX : base de données sur les substances actives phytopharmaceutiques ... 33
2.3- E-PHY : autorisation d'usage pour les spécialités ... 33
3- Etat des lieux de la pratique de terrain (métropole et DOM-TOM) ... 35
3.1- Régions, cultures et cibles concernées en France par l'épandage aérien ... 35
3.2- Les formulaires de déclaration ... 39
B- Sur les compartiments environnementaux : l'étude de la dérive ... 42
1- Modèles de dérive existants pour l'épandage aérien ... 42
2- Les études de terrain sur la dérive ... 45
C- Sur la population et les organismes non visés ... 46
1- Les travailleurs ... 46
2- La population générale ... 48
3- Les écosystèmes ... 52
IV- Mise en perspective et analyse des données ... 53
A- Préambule aux évaluations du risque lié à l'épandage aérien ... 53
B- La simulation de la dérive ... 54
1- Les données d'entrée ... 54
1.1- Caractéristiques de l'équipement et de la technique d'épandage ... 54
1.2- Caractéristiques de la bouillie épandue ... 55
1.3- Les caractéristiques du champ ... 55
1.4- Les caractéristiques météorologiques ... 55
2- Principaux résultats pour les cultures agricoles (scénarios riz, vignes et maïs) ... 56
3- Principaux résultats pour les cultures hautes (scénario bananes, cas des forêts de pin) ... 59
3.1- Scénario Martinique-Bananes (aussi appelé DOM-Bananes) ... 59
3.2- Cas de l'épandage sur des pins ... 62
4- Commentaires sur l'étude expérimentale de dérive conduite par BayerCropSciences et les résultats de simulation du scénario Champagne-Vigne ... 62
5- Limites de l'étude par simulation ... 63
C- Evaluation du risque sanitaire pour les populations riveraines ... 64
1- Introduction générale ... 64
2- Principe ... 64

2.1- Identification des dangers et des valeurs toxicologiques de référence (VTR) 64
2.2- Evaluation de l'exposition liée à la dérive de l'épandage aérien 66
2.3- Caractérisation du risque 70
3- Résultats 71
4- Conclusion 71
D- Evaluation du risque des écosystèmes 72
1- Introduction générale 72
2- Principe 72
2.1- L'identification des dangers 72
2.2- La concentration prévisible d'exposition 74
2.3- Caractérisation du risque 75
3- Résultats 75
3.1- Organismes aquatiques 76
3.2- Organismes du sol 77
3.3- Arthropodes non visés 77
4- Conclusion 78
E- Discussion des principaux résultats 79
1- La dérive : analyse de sensibilité des paramètres et calcul d'intervalle 79
1.1- L'analyse de sensibilité réalisée par la SDTF 80
1.2- Calcul des intervalles sur le taux de dépôt pour chaque scénario 81
1.3- Influence de la distribution de la taille des gouttes 87
1.4- Influence d'un terrain en pente 87
1.5- Conclusion 88
2- Conséquences de l'analyse de sensibilité de la dérive sur les évaluations de risque 89
2.1- L'évaluation du risque sanitaire 89
2.2- L'évaluation du risque écotoxicologique 89
2.2.1- Organismes aquatiques 93
2.2.2- Arthropodes terrestres non visés 94
V- Conclusions et recommandations du groupe de travail 95
Bibliographie 100
Annexes 104

Tableaux et Figures

Tableau 1 : Epandage aérien au niveau européen : les procédures générales....................23
Tableau 2 : Epandage aérien au niveau européen : les pratiques......................................23
Tableau 3 : Synthèse des pratiques internationales en regard des questions soulevées par la saisine 25
Tableau 4 : Principales cultures concernées par l'épandage aérien en régions au vu des déclarations et de la surface déclarée (source : DGAl)..36
Tableau 5 : le matériel utilisé pour l'application par hélicoptère des produits destinés à la protection des végétaux (source : SNEH) 38
Tableau 6 : Tableau de bord des réponses des SRPV (Oui/Non) 39
Tableau 7 : Surfaces épandues et doses à l'hectare (lorsque plusieurs doses sont indiquées, la dose maximale déclarée en 2004 est reportée) des substances actives répertoriées dans les 5 scénarios contextuels représentatifs de l'épandage aérien en France. 41
Tableau 8 : Etudes épidémiologiques sur les effets sanitaires de l'utilisation aérienne de pesticides (source : InVS)...50
Tableau 9 : Synthèse des résultats de la simulation principale de la dérive pour les scénarios riz, vignes et maïs..57
Figures 1 et 2 : Evolution du dépôt au sein de la parcelle traitée...59
Tableau 10 : Synthèse des résultats de la simulation principale de la dérive pour le scénario bananes, selon 3 conditions de hauteur de canopée et de rampe................................61
Tableau 11 : Résultats pour le cas de l'épandage aérien sur pins dans le cadre de la lutte anti-vectorielle contre la chenille processionnaire..62
Tableau 12 : Facteurs de sécurité utilisés pour calculer les PNEC en fonction de la cible à protéger et de la nature des essais. 74
Tableau 13 : Pourcentages de couples (culture x substance)* pour lequel le risque est acceptable à 50 ou 100 m. 76
Tableau 14 : Pourcentages de couples (culture x substance)* pour lequel le risque est acceptable à 50 ou 100 m 77
Tableau 15 : Pourcentages de couples (culture x substance)* pour lequel le risque est acceptable à 50 ou 100 m 77
Tableau 16 : Calculs d'intervalle sur le taux de dépôt pour chaque scénario 82
Figures 3 à 6 : Influence des divers paramètres sur le taux de dépôt à 50 m.......................83
Figure 8: Comparaison de l'influence de la vitesse du vent pour deux scénarios.................85
Tableau 17 : Exemple de distribution en % de la quantité totale de substance épandue suivant le stade de développement de la végétation...86
Figure 7 : Influence de la distribution de la taille des gouttelettes sur le taux de dépôt 87
Tableau 18 : Influence de la pente du terrain..88
Tableau 19: Taux de transfert des substances actives à 50 et 100 mètres de la parcelle traitée dans les conditions de vent et de traitement du scénario de référence, et taux de transfert sous un vent plus faible (2 m/sec) et/ou avec équipement des rampes de buses anti-dérive (sauf maïs pour lequel les buses anti-dérives ne s'appliquent pas)...91
Tableau 20: Pourcentage de couples (culture x substance) pour lequel le risque pour les organismes aquatiques est acceptable à 50 et 100 mètres dans différentes conditions de vent et de traitement...93
Tableau 21 : Pourcentage de couples culture x substance pour lequel le risque pour les arthropodes terrestres non visés est acceptable à 50 et 100 mètres, dans différentes conditions de vent et de traitement...94

Acronymes

ADEME : Agence de l’environnement et de la maîtrise de l’énergie
AESA : Agence européenne de sécurité des aliments
AFSSE : Agence française de sécurité sanitaire environnementale
AMM : Autorisation de mise sur le marché
AOEL : (Acceptable Operator Exposure Level) Niveau d’exposition acceptable pour l’opérateur
ARfD : (Acute Reference Dose) Dose de référence aiguë
ATSDR : (Agency for toxic substances and disease registry) Agence américaine des substances toxiques et du registre des maladies
BV : Bas volume
Cemagref : Institut de recherche pour l’ingénierie de l’agriculture et de l’environnement
CIBLEX : Banque de données de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d’un site pollué
CIPV : Convention internationale de protection des végétaux
CIRC : Centre international de recherche sur le cancer
CNAFAL : Conseil national des associations populaires familiales laïques
CNRS : Centre national de la recherche scientifique
CPP : Comité de la prévention et de la précaution
DG ENV : Direction générale de l’environnement, commission européenne
DG SANCO : Direction générale de la santé et de la consommation, commission européenne
DGA : Direction générale de l’armement
DGAl : Direction générale de l’alimentation
DGFAR : Direction générale de la forêt et des affaires rurales
DGS : Direction générale de la santé
DJA : Dose journalière d’exposition
DOM-TOM : Département d’outre-mer – Territoire d’outre-mer
DRAF : Direction régionale de l’agriculture et de la forêt
DSE : Dose sans effet observé (No observed adverse effect level : NOEL)
EFH : Exposure factor handbook
ERE : Evaluation du risque écotoxique
ERI : Excès de risque individuel : Probabilité que l’individu a de développer l’effet associé à la substance au cours de sa vie du fait de l’exposition considérée
ERS : Evaluation du risque sanitaire
ERU : (Unit risk) Excès de risque unitaire
FAO : Organisation de l’alimentation et de l’agriculture
FNE : France Nature Environnement
FS : Facteur de sécurité
GFH : Groupement français de l’hélicoptère
HPAC: Hazard prediction and assessment capability
HSDB : (Hazardous substances databank) Base de données des substances dangereuses
IFREMER : Institut français de recherche pour l’exploitation de la mer
INERIS : Institut national de l’environnement industriel et des risques
INRA : Institut national de la recherche agronomique
INSPQ : Institut national de santé publique du Québec
InVS : Institut de veille sanitaire
IR : Indice de risque : Il s’agit du rapport de l’exposition sur la valeur toxicologique de référence (VTR). Lorsque l’exposition est inférieure à la VTR (ratio < 1), le risque est considéré comme acceptable. Lorsqu’elle est supérieure à la VTR (ratio > 1), le risque est considéré comme non acceptable. Un ratio de 100 ne signifie toutefois pas que le risque est

multiplié par 10 par rapport à un ratio de 10. En effet, l'IR n'est pas une réelle estimation quantitative du risque
IRSN : Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
IZNT : Indicateur de zone non traitée
MEDD : Ministère de l'écologie et du développement durable
MRL : (minimum risk level) Niveau de risque minimum
OCDE : Organisation du Commerce et du Développement Economique
OMS : Organisation mondiale de la santé
PACA : Provence-Alpes-Côte d'Azur
PEC : (Predicted exposure concentration) Concentration prévisible d'exposition
PICA : trouble du comportement alimentaire qui se traduit par une ingestion habituelle de produits non alimentaires ou un portage oral important (pathologie principalement observée chez les enfants de 2 à 3 ans ; comportement souvent non pathologique chez les enfants de moins de 2 ans)
PNEC : (Predicted No Effect Concentration) Concentration prévisible sans effet
PPP : produits phytopharmaceutiques
REX : Retour d'expérience
RfD : (Reference dose) Dose de référence chronique
RIVM : Agence de santé publique environnementale des Pays-Bas
SCIPUFF: Second-order closure integrated PUFF model
SDTF: Spray drift task force
SMR: (Standardized mortality ratio) Ratio de mortalité standardisé
SNEH : Syndicat national des exploitants d'hélicoptère
SRPV : Service régional de protection des végétaux
SSM : Structure scientifique mixte
TCA : (Tolerable concentration in the air) concentration tolérable dans l'air
TERA : Toxicological excellence for risk assessment
UBV : Ultra bas volume
US-EPA : (United States – Environmental Protection Agency) Agence de protection de l'environnement des Etats-Unis
VTR : Valeur toxicologique de référence

Résumé exécutif

Le Ministère de l'écologie et du développement durable ainsi que le Ministère de la santé et de la protection sociale ont demandé l'avis de l'Agence française de sécurité sanitaire environnementale (AFSSE) concernant les risques sanitaires pour la population ainsi que les conséquences pour les écosystèmes de l'épandage aérien de produits anti-parasitaires. Cette saisine fait suite à la modification par la Direction générale de l'alimentation, par un arrêté en date du 5 mars 2004, de l'arrêté du 25 février 1975 relatif à l'utilisation par voie aérienne de produits anti-parasitaires à des fins de protection des végétaux. En particulier, le nouvel arrêté impose :

- Une distance minimale de sécurité de 50 mètres pour certains lieux tels que habitations et jardins, points d'eau consommable etc.
- Une interdiction d'utiliser des produits classés « toxiques » (T) et « très toxiques » (T+) au sens de l'article L.5132-2 du code de la santé publique[1] ;
- Une réduction du délai de déclaration préalable de 3 jours à 24 heures avant le traitement, pour permettre une plus grande rapidité d'action en cas d'intervention non prévisible (suite à des intempéries, par exemple).

Les questions précisément posées par la saisine sont les suivantes :

1- La distance minimale de sécurité de 50 mètres visés à l'article 6 [de l'arrêté relatif à l'utilisation par voie aérienne de produits mentionnés à l'article L.253-1 du code rural] est-elle suffisante [pour la protection de la santé humaine et des écosystèmes] compte tenu des modalités de dispersion de ces produits, en particulier selon les conditions météorologiques ?
2- L'interdiction d'épandage doit elle être étendue à d'autres substances que les produits classés toxiques ou très toxiques, voire à certaines zones ?
3- Les délais de déclaration préalable doivent-ils être modulés selon les types de production agricole concernés et selon la prévisibilité de l'intervention ?
4- Les procédures d'agrément et de contrôle auxquelles sont soumises les entreprises spécialisées dans l'épandage aérien méritent-elles d'être renforcées ?

Après analyse des compétences requises pour répondre à cette saisine, l'AFSSE a proposé à l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) de co-piloter un groupe de travail pluri-institutionnel. Ce groupe a été installé le 6 octobre 2004.

Le groupe de travail a adopté la démarche suivante :

- La recherche des données scientifiques existantes a été ciblée sur le croisement des thèmes « pesticides » et « épandage aérien ». En effet, si la littérature concernant les pesticides en général est très abondante, elle l'est beaucoup moins en ce qui concerne la pratique de l'épandage par voie aérienne, question posée par la saisine ;
- Le phénomène de « dérive » liée à la pulvérisation de pesticides par aéronefs a été identifié comme point critique majeur de fragilité des techniques d'épandage aérien ; il a donc constitué la donnée d'entrée principale des évaluations de risque. En effet, cette déviation aérienne des produits des zones cibles traitées (le champ) vers les milieux non traités adjacents pourraient induire des niveaux d'exposition différents de ceux qui résultent des techniques de pulvérisation terrestre conventionnelles ;

[1] sont classées très toxiques les substances et préparations qui, *après* inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent entraîner des risques extrêmement graves, aigus ou chroniques et même la mort ; sont classées toxiques les substances et préparations qui, *par* inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent entraîner des risques graves, aigus ou chroniques et même la mort.

- Les évaluations du risque lié à la dérive reposent sur la pratique de l'épandage aérien pour la protection des végétaux. La lutte anti-vectorielle (contre les moustiques, par exemple) n'a pas fait l'objet d'évaluations quantitatives, mais est abordée à différents niveaux de la discussion car elle soulève d'autres questions que celle de l'impact dans les milieux non traités adjacents (présence avérée de personnes dans la zone traitée etc.). Le cas échéant, elle devra être traitée par ailleurs ; le groupe de travail a considéré qu'elle sortait du champ de la présente saisine ;
- Les évaluations quantitatives conduites dans le cadre de ce rapport reposent sur le retour d'information en provenance des pratiques de terrain en France métropolitaine et dans les DOM-TOM. Elles ne prétendent pas à l'exhaustivité quant aux usages des pesticides par voie d'aéronef et ne sont pas généralisables ni extrapolables ;
- La méthode et la terminologie choisies pour l'évaluation du risque sanitaire (ERS) relèvent en priorité des guides disponibles au niveau international (US-EPA, etc.) et national (InVS, INERIS), guides communément utilisés dans le domaine de la santé environnementale. Hormis sur quelques points précis, l'ERS ne se réfère donc pas strictement aux documents guides relevant du domaine réglementaire de l'évaluation des produits phytosanitaires. Ainsi, la méthode suivie distingue les effets sur la population habituelle (adulte) et sur une population sensibles (les enfants) et considère des durées et des voies d'exposition supplémentaires par rapport au minimum exigible réglementaire.

Le groupe de travail souligne enfin que les évaluations de risque qu'il a été amené à conduire ne se substituent pas à la procédure d'autorisation de mise sur le marché des produits utilisés.

A l'issue de ses travaux, le groupe constate la grande diversité des procédures et pratiques de l'épandage aérien au niveau européen. En France, des informations sont disponibles sur les propriétés physiques, chimiques, toxicologiques et écotoxicologiques des substances, et sont accessibles via la base de données AGRITOX. Néanmoins, le mode d'application par voie d'aéronef ne bénéficie pas d'une évaluation systématique en l'absence de la déclaration des fabricants. De plus, aucune synthèse détaillée, centralisée et harmonisée n'est disponible au niveau national sur la pratique de l'épandage aérien des pesticides, ni au sein du système administratif, ni à destination du grand public.

Après avoir collecté l'ensemble des données nécessaires et identifié les outils méthodologiques pertinents, le groupe a conduit les deux évaluations, respectivement du risque sanitaire et du risque écotoxicologique, sur cinq scénarios contextuels (c'est-à-dire cinq couples « région associée à un type de culture ») jugés représentatifs de la pratique de l'épandage aérien en France : « Champagne-Vigne », « Martinique-Banane », « Guyane-Riz », « Aquitaine-Maïs doux », Midi-Pyrénées-Maïs ».

La simulation de la dérive, donnée d'entrée commune aux deux évaluations, a ainsi été réalisée à l'aide d'Agdrift, seul logiciel suffisamment documenté et recommandé par des instances internationales dans le domaine de la dérive liée à l'épandage aérien de pesticides pour servir de base aux évaluations de risque. Plusieurs simulations ont été réalisées : une simulation de « référence » reposant sur des hypothèses d'épandage et de dérive associée « raisonnablement majorantes », puis une analyse de sensibilité permettant d'encadrer les premiers résultats obtenus en faisant varier les paramètres les plus influents du scénario de dérive de leur borne minimale à leur borne maximale.

Concernant le risque pour la santé humaine, sur la base des hypothèses retenues, la dérive à 50 mètres liée à l'épandage aérien de substances actives à usage de protection des végétaux ne présente pas de risque significatif pour la santé des populations environnantes, même pour les enfants : les estimations restent en effet inférieures aux valeurs repères classiquement utilisées. Dans le pire cas, c'est-à-dire celui où tous les paramètres les plus sensibles sont considérés simultanément à leur borne maximale, le risque n'augmente pas

significativement (il est multiplié par un facteur < 10). Du fait de la faible plausibilité d'une telle situation, qui serait due à des pratiques et des conditions très anormales, et de la faible augmentation du risque alors encouru, il ne semble pas au groupe de travail que le risque sanitaire lié à la dérive à 50 m de l'épandage aérien puisse entraîner, sauf situation très exceptionnelle, des effets sur la santé accrus chez les populations exposées à cette pratique par rapport à une population qui ne le serait pas.

Concernant le risque écotoxicologique, c'est-à-dire sur l'environnement, tous scénarios confondus, à 50 mètres, le risque est acceptable (au regard des valeurs repères classiquement admises) dans seulement 35 à 50 % des cas selon l'organisme concerné. L'augmentation de la distance "de sécurité" de 50 à 100 mètres n'est pas de nature à constituer une protection significativement plus efficace pour les organismes considérés. Le fait de traiter par vent faible (2m/s) ou avec un équipement limitant la dérive augmente le pourcentage de scénarios pouvant être associés à un risque acceptable à 50 mètres, mais n'est pas suffisant pour que le risque soit toujours acceptable ; le recours conjoint aux deux mesures de « bonnes pratiques » (vent faible et équipement anti-dérive) est associé à un risque acceptable dans 100% des cas en vigne seulement. En effet, les quatre autres scénarios de culture étudiés (qui concernent les bananeraies, le riz, le maïs doux et le maïs en culture céréalière) sont moins sensibles à l'amélioration apportée par ces mesures de gestion car ils sont associés à des substances pour lesquelles les concentrations protectrices pour les organismes sauvages concernés sont très faibles. En conclusion, une distance de protection de l'environnement ne peut être déterminée qu'au cas par cas, après évaluation des risques des produits phytosanitaires pour un usage agricole[2] spécifique par mode d'aéronef.

En complément des précisions déjà apportées quant au cadre spécifique de ce travail, les limites techniques suivantes sont rappelées par le groupe en préambule de ses recommandations :

- Le travail réalisé exclut l'évaluation des risques associés, d'une part, aux métabolites des substances étudiées et, d'autre part, à leur phase gazeuse résultant de leur pulvérisation, compte tenu de l'état actuel des connaissances dans ces domaines et du manque d'outils méthodologiques reconnus et disponibles ;
- L'outil scientifique de simulation de la dérive qui a été utilisé (Agdrift) implique un certain nombre de simplifications par rapport à la réalité (toutes les simulations sont réalisées par vent latéral) et a suscité plusieurs interrogations au sein du groupe de travail (en particulier, pour la prise en compte de la végétation) ;
- Les évaluations de risque ne considèrent comme point d'entrée de la contamination environnementale que les dépôts au sol ou les concentrations dans l'air en gouttelettes à 50 m (ou à 100 m) liés à la dérive provoquée par l'épandage aérien. Cela signifie que les travailleurs impliqués directement -quel que soit leur poste- ont été exclus des évaluations de risque quantitatives du présent rapport. Leur exposition très particulière suppose une étude à part entière, poste par poste, par méthode d'application et de protection, aéronef par aéronef. De plus, cette situation n'est pas spécifique au traitement aérien. Enfin, les oiseaux, les mammifères et les abeilles n'ont pas fait l'objet d'une évaluation des risques dans le cadre de cette saisine. En effet, pour ces organismes, comme pour les organismes du sol par ailleurs, le risque est évalué dans le cadre de la procédure réglementaire dans la parcelle traitée et doit être acceptable dans ces conditions ;
- Enfin, les évaluations de risque ne permettent pas d'évaluer les effets synergiques (qui entraîneraient une plus grande toxicité) ou antagonistes (qui entraîneraient une

[2] On rappelle qu'un usage est matérialisé par une association « végétal ou famille de végétaux – mode de traitement – maladie ou ravageur visé » ou une culture – intervention phytosanitaire. Il se rattache à une culture.

moindre toxicité) de plusieurs produits auxquels sont exposés simultanément les populations et les écosystèmes.

C'est compte tenu des limites précédemment listées que le groupe de travail propose les recommandations suivantes. Les recommandations relatives aux deux premières questions de la saisine (points 1 et 2 suivants) sont basées sur les évaluations quantitatives du risque, et donc sur l'analyse des données ou des outils méthodologiques disponibles à cette fin, et sont illustrées par des exemples tirés de l'analyse des pratiques au niveau international. Les recommandations relatives aux points 3 et 4 suivants sont basées sur l'analyse des réglementations et pratiques au niveau international, ainsi que sur le retour d'expérience national.

1- Extension de l'interdiction d'épandage aérien

Certains pays européens ont ou vont interdire la pratique de l'épandage aérien. D'autres ont mis en place un système d'autorisation. Enfin, la plupart des pays restreignent l'épandage aérien à certaines substances (comme en France), certaines zones ou encore certains matériels. Le groupe considère qu'une évaluation comparative des moyens d'épandage terrestre et par mode d'aéronef serait nécessaire afin de mettre en perspective les impacts relatifs de l'un et de l'autre, en fonction des substances, de la sensibilité de certaines zones, ou encore des bénéfices de certains matériels en termes de réduction des risques (illustrés pour l'épandage aérien, dans ce rapport, par les buses anti-dérive).
Une telle analyse pourrait relever d'un projet de recherche. Elle dépasse les prérogatives du groupe de travail qui ne peut donc tirer de conclusions à ce stade quant à des restrictions supplémentaires de la pratique visée.
N'ayant pas procédé à cette analyse comparative, le groupe de travail ne peut exclure des conséquences fâcheuses pour certaines professions comme pour la santé environnementale s'il s'avérait que l'épandage terrestre, alors favorisé sans pour autant être plus réglementé ou contrôlé sur le terrain que l'épandage aérien, puisse être plus impactant que ce dernier dans certains cas.

En ce sens, le groupe recommande que les études expérimentales comparatives sur la dérive par voie aérienne et par voie terrestre se développent. Il recommande, d'autre part, qu'une analyse coût-bénéfice de l'utilisation de l'épandage aérien en regard de l'épandage terrestre, pour un certain nombre de scénarios contextuels à définir, se systématise et se développe dans un cadre structuré et harmonisé. Dans ce contexte d'amélioration des connaissances, il note également que, s'agissant de la modélisation de la dérive, il pourrait être intéressant de proposer des travaux sur la prise en compte de l'évaporation des gouttes multi-composants.

Le groupe de travail regrette que la procédure d'AMM ne tienne que très peu compte des spécificités liées à l'épandage aérien dans ses évaluations, ces dernières n'étant pas mentionnées explicitement dans les dossiers. Ainsi, une préparation pour laquelle une utilisation par mode d'aéronef n'aurait pas été précisée lors du dépôt de dossier de demande d'AMM n'est pas évaluée pour un tel usage, alors qu'elle peut être mise en pratique de cette façon sur le terrain. Au Canada, seuls les produits assortis d'un mode d'emploi pour l'épandage aérien peuvent être utilisés : ils font l'objet d'une évaluation spécifique. En outre, seules les utilisations aériennes mentionnées sur l'étiquette peuvent être mises en pratique.
Une telle mesure présente aussi beaucoup d'avantages en termes de protection du travailleur : une évaluation spécifique est nécessaire pour les différentes personnes exposées pendant le traitement ou sa préparation (le pilote, les préparateurs et chargeurs de bouillie, et dans certains cas les personnes chargées du balisage au sol) avec des outils adaptés. On note que, dans certains pays, ces derniers doivent être remplacés par des systèmes GPS en cas d'épandage aérien.

En conséquence, le groupe de travail recommande que les produits soient spécifiquement et systématiquement évalués pour un mode d'épandage par voie d'aéronef, lorsque ce mode d'application est pertinent, dans le cadre de la procédure d'AMM qui constitue le cadre réglementaire adéquat. A l'image du Canada, cela implique qu'un produit qui ne serait pas spécifiquement étiqueté (donc évalué) pour un mode d'épandage par voie d'aéronef, avec un mode d'emploi adéquat, ne pourrait plus être épandu de cette façon. Une mise en application progressive, mais sur une période raisonnablement brève, sera nécessaire du fait du nombre de produits qui nécessite un complément d'évaluation. Pour les nouveaux produits, cette disposition peut prendre effet sans délai.

Par ailleurs, les évaluations de risque réalisées dans le cadre de cette saisine sont basées sur la toxicité et l'écotoxicité des substances actives ou préparations prises une à une, sans considération des synergies ou antagonismes possibles des mélanges généralement réalisés, ni prise en compte d'éventuels métabolites. Cela constitue une limite supplémentaire pour répondre à la question soulevée par la saisine.
Pour l'évaluation du mélange, cela pourrait être abordé sur les bases des documents rédigés par la Commission d'étude de la toxicité.

Sur ce point des mélanges, on note que de nouvelles règles gérées par le Ministère chargé de l'agriculture pourraient être applicables prochainement. Elles ont pour objectif de simplifier le recours aux mélanges de produits phytosanitaires des agriculteurs. Le groupe n'a pas vocation à donner son avis sur ce nouveau dispositif qui sort largement du cadre de la saisine. Toutefois, il ne peut que souligner que le cas de l'épandage aérien ne serait pas spécifiquement abordé dans le texte actuellement proposé. Or, la déclaration d'utilisation de mélanges enregistrés lors d'une opération d'épandage aérien est prévue sur les nouvelles fiches de déclaration d'épandage Cerfa, conformément à la procédure générale d'enregistrement des mélanges élaborée en 2004. Cette simplification du recours aux mélanges de produits phytosanitaires, dans le cadre notamment de leur épandage aérien, poserait plus encore que pour les produits pris « individuellement » la question de l'évaluation de l'impact et des risques associés à de tels usages.

2- La distance minimale de sécurité de 50 mètres

Concernant l'évaluation des risques pour l'homme et l'environnement, liés au phénomène de dérive de l'épandage aérien, les impacts écotoxicologiques sont les contributeurs majeurs du risque global estimé dans le cadre de ce travail. On rappelle que le pourcentage de couples (culture x substance) pour lequel le risque est acceptable à 50 mètres est inférieur à 50%.

En conséquence, le groupe recommande que la définition des distances minimales de sécurité se fasse pour chaque préparation dans le cadre d'un usage agricole spécifique par mode d'aéronef, et qu'une gestion au cas par cas au niveau local puisse être appréciée pour les zones particulièrement vulnérables. Par exemple, au Royaume-Uni, on rappelle que le commanditaire de l'épandage aérien doit consulter 72 h avant l'autorité compétente si une réserve naturelle ou un site d'intérêt scientifique spécial se situe à moins de 1 500 m de la zone à épandre. Par ailleurs, les apiculteurs de la zone doivent être informés au moins 48 h avant. Au Canada, le respect au cas par cas d'une zone tampon est basé sur le seul jugement professionnel des applicateurs qui peuvent, pour cela, utiliser des modèles de dérive (dont Agdrift). Leur attention devrait aussi être attirée sur la proximité d'établissements sensibles (écoles, hôpitaux etc.), bien qu'en toute logique cela ne relève pas du seul épandage aérien.

3- Délais de déclaration préalable

Au niveau de la pratique européenne, les délais de déclaration varient de 24 h à 72 h avant le traitement. Au Royaume-Uni, par exemple, ils dépendent des institutions à contacter en fonction de l'environnement de la zone à épandre. Ainsi, les services compétents doivent être prévenus 72 h avant quand un site d'intérêt scientifique ou une eau de surface sont situés dans la zone. Les apiculteurs doivent être prévenus 48 h avant. Les services locaux en charge de la santé environnementale, les occupants les plus proches de la zone à épandre et les établissements sensibles sont informés entre 24 h et 48 h avant. Enfin, un avertissement visible doit être mis en place 24 h avant. Ce dernier point sera discuté dans les procédures d'agrément et de contrôle.

En conséquence, pour les interventions prévisibles, le groupe de travail propose :

- une première déclaration de principe parvenant à son destinataire par courrier soit en début de la saison de culture, soit 72 heures avant l'épandage, spécifiant clairement les produits utilisés et les doses à l'hectare prévues. Ce laps de temps permettra aux Services régionaux de protection des végétaux de vérifier que l'utilisation des préparations commerciales mentionnées est possible ou encore l'affichage dans les parcelles et l'information spécifique des riverains ;
- une deuxième déclaration par fax (ou e-mail), 24 heures avant l'épandage, confirmant la mise en oeuvre.

Pour les interventions non prévisibles, les dispositions prévues dans l'arrêté du 5 mars 2004 pourraient continuer de s'appliquer.

4- Les procédures d'agrément et de contrôle

La procédure d'agrément actuelle (articles L 254-1 et suivants du code rural) vise des métiers très différents (distribution de produits antiparasitaires agricoles, non agricoles, jardinerie, application par voie terrestre, fumigation, application par aéronef…). Elle ne prend pas en compte la compétence professionnelle de chaque activité, pourtant très spécifique lorsqu'il s'agit des applications par aéronefs.

En conséquence, le groupe recommande l'élaboration d'un guide de bonnes pratiques de la procédure d'application par aéronefs, qui peut répondre à la fois à des objectifs de sécurisation et de traçabilité des pratiques, sans alourdir le cadre réglementaire.

Ce guide peut décrire le matériel à utiliser et ses bonnes conditions d'emploi et il peut prendre en compte les auto-contrôles réalisés par les opérateurs. S'agissant du matériel de pulvérisation, un contrôle annuel doit nécessairement être réalisé par une structure externe à l'entreprise. Les enregistrements des conditions d'application (trajet, points de ravitaillement, horaires de traitement, paramètres météorologiques notamment la direction du vent…), contribuent la crédibilisation du dispositif. La conservation de ces données et du plan de vol sur un délai minimum de 2 ans est à envisager, notamment en cas de contentieux.

L'épandage par U.L.M. n'a pas été traité, à défaut d'informations propres à ce mode d'application, ni d'élément de paramétrage disponible pour le logiciel Agdrift. Cette pratique est très différente (vitesse de travail, la hauteur de vol, contrôle de la hauteur d'épandage…) des modes d'application évalués par avion et hélicoptère. A ce stade l'ULM peut être utilisé dans un cadre professionnel ou non. Enfin l'opérateur est vraisemblablement exposé de manière différente en regard des autres aéronefs (absence de cabine, vitesse,

turbulences…). Ce mode d'épandage présente des caractéristiques propres justifiant une évaluation complète au moins dans un cadre d'emploi professionnel.

Par ailleurs, la pratique des traitements aériens est soumise à un certain nombre d'interrogations du public.

En conséquence, il est recommandé d'évaluer les conditions d'une information du public à la fois dans un souci de transparence et de réduction de l'exposition des personnes : l'information des mairies voire l'affichage en mairie constituent des dispositifs minimums qui peuvent sans doute aller jusqu'à l'affichage dans les parcelles et l'information spécifique des riverains (par la presse et/ou la radio locale). Ces obligations doivent au moins faire partie de la procédure d'agrément des entreprises par les Services de protection des végétaux.

Les déclarations se font actuellement essentiellement par télécopie, document qui nécessite une saisie. Dans le cadre de la dématérialisation des procédures des télé-déclarations sont envisageables. Outre la facilitation pour l'opérateur, le suivi instantané et le contrôle des opérations seraient plus opérationnels. On peut imaginer pour des traitements planifiés, ce qui est le cas de la grande majorité des applications, la mise en œuvre d'un serveur SIG (avec base SCAN 25 par exemple) permettant au commanditaire de décrire les circuits envisagés et le parcellaire visé dans le cadre d'une pré déclaration.
Par ailleurs, cela faciliterait la caractérisation de la population exposée, impossible à estimer aujourd'hui.

I- Introduction

La Loi du 9 mai 2001 créant une Agence française de sécurité sanitaire environnementale (AFSSE) dispose que « dans le but d'assurer la protection de la santé humaine, l'agence a pour mission de contribuer à assurer la sécurité sanitaire dans le domaine de l'environnement et d'évaluer les risques sanitaires liés à l'environnement. » (Art. L. 1335-3-1 du Code de la santé publique).

Dans ce contexte, le Ministère de l'écologie et du développement durable ainsi que le Ministère de la santé et de la protection sociale ont demandé l'avis de l'AFSSE concernant les risques sanitaires pour la population ainsi que les conséquences pour les écosystèmes de l'épandage aérien de produits anti-parasitaires, dans la finalité de déterminer si un renforcement de la réglementation doit être éventuellement envisagé (annexe 1).
Cette saisine fait suite à la modification par la Direction générale de l'alimentation (DGAl), par un arrêté en date du 5 mars 2004, de l'arrêté du 25 février 1975 relatif à l'utilisation par voie aérienne de produits anti-parasitaires à des fins de protection des végétaux. En particulier, le nouvel arrêté impose :

- Une distance minimale de sécurité de 50 mètres pour certains lieux tels que habitations et jardins, points d'eau consommable etc.
- Une interdiction d'utiliser des produits classés « toxiques » (T) et « très toxiques » (T+) au sens de l'article L.5132-2 du code de la santé publique ;
- Une réduction du délai de déclaration préalable de 3 jours à 24 heures avant le traitement, pour permettre une plus grande rapidité d'action en cas d'intervention non prévisible (suite à des intempéries, par exemple).

Les questions précisément posées par la saisine sont les suivantes :

1- La distance minimale de sécurité de 50 mètres visés à l'article 6 [de l'arrêté relatif à l'utilisation par voie aérienne de produits mentionnés à l'article L.253-1 du code rural] est-elle suffisante compte tenu des modalités de dispersion de ces produits, en particulier selon les conditions météorologiques ?
2- L'interdiction d'épandage doit elle être étendue à d'autres substances que les produits classés toxiques ou très toxiques, voire à certaines zones ?
3- Les délais de déclaration préalable doivent-ils être modulés selon les types de production concernés et selon la prévisibilité de l'intervention ?
4- Les procédures d'agrément et de contrôle auxquelles sont soumises les entreprises spécialisées méritent-elles d'être renforcées ?

L'AFSSE a réalisé l'analyse préliminaire de la saisine et a initié un processus de concertation avec ses partenaires en avril et mai 2004. En l'absence de la publication attendue d'un arrêté nommant le comité d'experts spécialisés « évaluation des risques des milieux aériens » de l'AFSSE, l'Agence a proposé à l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) de co-piloter un groupe de travail pluri-institutionnel.
Le traitement de la saisine a été décomposé par l'AFSSE, en accord avec l'INERIS, en trois phases distinctes :

- Phase I : état des lieux, synthèse des données existantes ;
- Phase II : analyse des données existantes en vue de répondre aux questions posées ;
- Phase III : évaluation du risque pour l'homme et les écosystèmes.

Sur cette base, une proposition de cahier des charges a été faite aux tutelles en juin 2004 par l'AFSSE. La constitution effective du fond documentaire, par les co-pilotes du groupe de travail, a débutée en juillet 2004. Courant de l'été, le groupe de travail pluri-institutionnel a été mis en place par l'AFSSE, afin de réunir l'ensemble des compétences scientifiques, en

accord avec l'INERIS. Le Conseil scientifique de l'AFSSE a été informé de la saisine le 24 septembre 2004 et le Conseil d'administration le 4 octobre 2004.

La phase III (les évaluations de risque) avait été initialement considérée par les co-pilotes du groupe de travail comme devant se dérouler « *le cas échéant* », du fait du manque de visibilité sur la disponibilité et l'accessibilité des données de terrain. Néanmoins, lors de la première réunion du groupe de travail institutionnel chargé du traitement de la saisine (installé le 6 octobre 2004), celui-ci s'est accordé sur la nécessité de dérouler la démarche d'évaluation du risque pour répondre aux deux premières questions soulevées, une bonne partie des informations nécessaires à cette évaluation étant disponibles puisque requises par ailleurs dans le cadre de la constitution des dossiers relatifs aux substances actives (examinées au niveau européen) et aux préparations (examinées au niveau national).

Le groupe de travail a adopté la démarche suivante :

- La recherche des données scientifiques existantes a été ciblée sur le croisement des thèmes « pesticides » et « épandage aérien ». En effet, si la littérature concernant les pesticides en général est très abondante, elle l'est beaucoup moins en ce qui concerne la pratique de l'épandage par voie aérienne, question posée par la saisine ;
- Le phénomène de « dérive » liée à la pulvérisation de pesticides par aéronefs a été identifié comme point critique majeur de fragilité des techniques d'épandage aérien ; il a donc constitué la donnée d'entrée principale des évaluations de risque. En effet, cette déviation aérienne des produits des zones cibles traitées (le champ) vers les milieux non traités adjacents pourraient induire des niveaux d'exposition différents de ceux qui résultent des techniques de pulvérisation terrestre conventionnelles ;
- Les évaluations du risque lié à la dérive reposent sur la pratique de l'épandage aérien pour la protection des végétaux. La lutte anti-vectorielle (contre les moustiques, par exemple) n'a pas fait l'objet d'évaluations quantitatives, mais est abordée à différents niveaux de la discussion car elle soulève d'autres questions que celle de l'impact dans les milieux non traités adjacents (présence avérée de personnes dans la zone traitée etc.). Le cas échéant, elle devra être traitée par ailleurs ; le groupe de travail a considéré qu'elle sortait du champ de la présente saisine ;
- Les évaluations quantitatives conduites dans le cadre de ce rapport reposent sur le retour d'information en provenance des pratiques de terrain en France métropolitaine et dans les DOM-TOM. Elles ne prétendent pas à l'exhaustivité quant aux usages des pesticides par voie d'aéronef et ne sont pas généralisables ni extrapolables ;
- La méthode et la terminologie choisies pour l'évaluation du risque sanitaire (ERS) relèvent en priorité des guides disponibles au niveau international (US-EPA, etc.) et national (InVS, INERIS), guides communément utilisés dans le domaine de la santé environnementale. Hormis sur quelques points précis, l'ERS ne se réfère donc pas strictement aux documents guides relevant du domaine réglementaire de l'évaluation des produits phytosanitaires. Ainsi, la méthode suivie distingue les effets sur la population habituelle (adulte) et sur une population sensibles (les enfants) et considère des durées et des voies d'exposition supplémentaires par rapport au minimum exigible réglementaire.

Le groupe de travail souligne enfin que les évaluations de risque qu'il a été amené à conduire ne se substituent pas à la procédure d'autorisation de mise sur le marché des produits utilisés.

Le présent document synthétise et analyse les données existantes sur la thématique de l'épandage aérien de pesticides, en France et au niveau international, étant entendu que :

- Les évaluations de risque sanitaire et écotoxicologique sont un pré requis pour répondre aux questions relatives à la distance minimale de sécurité et à l'extension de l'interdiction d'épandage aérien. Certains points techniques en lien avec la

modélisation de la dérive ont nécessité des contributions extérieures aux membres permanents du groupe ;

- La synthèse des réglementations et des pratiques au niveau national et international, renforcée par le retour d'expérience des professionnels auditionnés en séance plénière du groupe de travail le 6 décembre 2004, permettent au groupe de se positionner sur les questions relatives aux délais de déclaration et aux procédures d'agrément et de contrôle. On note le très bon taux de réponse des Services régionaux de protection des végétaux, sollicités sur les formulaires de déclaration d'épandage aérien.

Le groupe de travail s'est réuni 4 fois entre octobre 2004 et avril 2005. La répartition des tâches s'est faite dès la première réunion, sur proposition de l'AFSSE et de l'INERIS. Chaque membre a été sollicité sur les points relevant de sa compétence (toxicologie, écotoxicologie, modélisation etc.) et a contribué gracieusement et de façon significative à la rédaction des parties s'y rapportant. Seul l'INERIS, dans le cadre du co-pilotage, a bénéficié d'un financement très marginal. Toutes les contributions, internes ou externes au groupe, ont été présentées en séances et les membres permanents du groupe de travail ont validé l'ensemble des choix, des hypothèses, des paramètres, et des décisions. Ce rapport, issu d'un consensus collectif, a fait l'objet d'une relecture complète par les membres permanents du groupe de travail et d'un processus de validation interne.

II- Textes réglementaires et pratiques

A- Contexte réglementaire national

Remarque préliminaire : la pratique de l'épandage aérien au niveau national sera spécifiquement examinée dans le chapitre III : elle est à la base de l'analyse des données conduite pour les évaluations de risque.

Les principaux textes relatifs à l'épandage aérien de pesticides sont :

- **Arrêté du 5 mars 2004 relatif à l'utilisation par voie aérienne de produits mentionnés à l'article L. 253-1 du code rural**
- **Arrêté du 25 février 1975 modifié fixant les dispositions relatives à l'application des produits antiparasitaires à usage agricole**

Le nouvel arrêté de mars 2004 (annexe 1) impose en premier lieu une distance minimale de sécurité de 50 m pour certains lieux et l'interdiction d'utiliser les produits classés « toxiques » et très toxiques », au sens de l'article L. 5132-2 du code de la santé publique. Par ailleurs, il réduit de 3 jours à 24 h le délai de déclaration préalable du traitement (pour permettre des interventions d'urgence, suite à des intempéries). En contrepartie, l'opérateur ou le donneur d'ordre doit déclarer précisément les points de ravitaillement des appareils, « seuls lieux où des contrôles peuvent être réalisés efficacement ». De plus, il doit faire parvenir dans les 5 jours qui suivent le traitement un formulaire prévu à l'article 2 (contre 15 jours auparavant).
Les nouveaux formulaires font l'objet d'une fiche Cerfa (annexe 2), dans laquelle les mélanges enregistrés doivent être clairement détaillés en sus des produits commerciaux (formulations de substances actives pour lesquelles l'homologation est valable et sur lesquelles s'applique l'interdiction d'épandage aérien lors d'un classement T ou T+).

- **Articles L.253-1 à L. 254-2 du code rural**

Les articles L. 253-1 à L. 253-17 fixent les modalités de mise sur le marché des produits antiparasitaires à usage agricole. Ils comportent en section 1 les dispositions générales relatives à cette procédure : en particulier, les produits sont interdits s'ils ne disposent pas d'une autorisation de mise sur le marché ou d'une dérogation pour des conditions d'utilisation spécifiées. La section 2 fixe l'exercice du contrôle, de la procédure d'autorisation de mise sur le marché (Commission d'étude de la toxicité, registre du Ministère de l'agriculture) jusqu'à l'étiquetage des produits précisant les modalités et catégories d'emplois ainsi que les précautions d'utilisation selon la classification des produits. La section 3 fixe les dispositions particulières à certains produits (cupriques anticryptogamiques) et enfin, la section 4 concerne les dispositions pénales. A noter que le fait de mettre sur le marché un produit défini à l'article L. 253-1, sans bénéficier d'une autorisation valide, est puni de deux ans d'emprisonnement et de 500 000 francs d'amende.
Les articles L. 254-1 et L. 254-2 fixent les dispositions générales relatives à la distribution et l'application des produits antiparasitaires à usage agricole. Ils codifient la loi du 17 juin 1992.
L'agrément est obligatoire pour toutes les entreprises :

- qui distribuent des produits phytosanitaires répondant à certains classements toxicologiques ;
- qui appliquent un produit phytosanitaire, quel que soit son classement, à titre de prestation de services (entraînant une facturation).

L'agrément est délivré par le Service de protection des végétaux du département du siège social de l'entreprise. Pour obtenir l'agrément, l'entreprise doit avoir souscrit une assurance

de responsabilité civile, et posséder « en nombre suffisant » (la règle étant en général une personne sur 10), un personnel d'encadrement certifié. La certification est délivrée à chaque personne par la Direction régionale de l'agriculture et de la forêt (DRAF) du département en fonction des diplômes et de l'expérience professionnelle, pour une période de 5 ans à renouveler par le certifié à expiration de cette durée. Il convient donc de bien distinguer dans cette loi l'agrément (qui concerne l'entreprise) de la certification (qui concerne le personnel d'entreprise).

- **Articles L. 1321-2, L. 5132-2 et R. 5167 du code de la santé publique**

L'article L. 1321-2 est relatif à la déclaration d'utilité publique des travaux de prélèvement d'eau destinée à l'alimentation des collectivités humaines et à la définition des périmètres de protection.

L'article L.5132-2 définit les catégories de classification des substances et préparations dangereuses mentionnées au (1o) de l'article L. 5132-1. Pour ce qui concerne l'arrêté du 5 mars 2004, sont classées très toxiques les substances et préparations qui, *après* inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent entraîner des risques extrêmement graves, aigus ou chroniques et même la mort (1o) ; sont classées toxiques les substances et préparations qui, *par* inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent entraîner des risques graves, aigus ou chroniques et même la mort (2o).

L'article L. 5167 réglemente l'emploi des produits antiparasitaires à usage agricole ou de produits assimilés. Les produits contenant des substances ou préparations classées comme très toxiques, toxiques, cancérogènes, tératogènes ou mutagènes, sont interdits dans toutes les cultures et récoltes pour lesquelles leur emploi n'a pas été autorisé par arrêté ministériel. Cet arrêté fixe les conditions limitatives d'emploi, notamment en ce qui concerne les régions, les cultures, les parasites concernés, les époques et modalités de traitement et les personnes habilitées à effectuer ceux-ci. L'emploi des produits contenant des substances nocives, corrosives ou irritantes peut faire l'objet de conditions limitatives. Cet article fixe également les modalités de délivrance de ces produits.

- **Code de l'aviation civile et procédure d'agrément**

« Les avions effectuant des vols comportant certaines opérations de travail aérien entrant dans la catégorie des traitements aériens, ou les vols de mise en place correspondants, peuvent atterrir ou décoller sur des bandes d'envol occasionnelles, en dehors des aérodromes, sous réserve de respecter les mesures de sécurité et autres conditions définies par arrêté ministériel. » (article D132-7 du code de l'aviation civile)

Pour les activités aériennes, les applicateurs font l'objet d'une réglementation sur la formation, le maintien des compétences, les règles de l'air relevant des services de la Direction générale de l'aviation civile : brevets et licences, « vols rasants » donnant lieu à formation et dépôt d'un manuel d'activités particulières définissant de manière précise les différentes tâches. Celles-ci tiennent compte des spécificités du métier d'applicateur aérien.

De plus, la formation et le maintien des compétences des applicateurs est sanctionnée par la délivrance d'un agrément professionnel de la part des :

- Services du Ministère de l'agriculture et de la pêche : Agrément renouvelable tous les 5 ans (agréments DAPA/ Distributeur et applicateur de produits anti-parasitaires). Celui-ci, octroyé par un jury, prend en compte les connaissances de l'applicateur. Avant renouvellement, l'opérateur doit faire la démonstration du maintien de ses compétences en matière de connaissance des produits, de procédures opérationnelles assorties de formations adaptées. Les personnels suivent, de ce fait, des sessions de formation et de mise à niveau des connaissances sur les traitements

phytosanitaires. Le demandeur doit justifier d'une police d'assurance couvrant sa responsabilité civile professionnelle. Une entreprise ne peut procéder à l'application des produits que si l'agrément est octroyé par la Direction régionale de l'agriculture, Service régional de la protection des végétaux (SRPV), de son siège social. Si le SRPV de la zone à traiter n'est pas celui du siège social, la preuve de l'octroi de commission de la toxicité agrément devra être apportée.

- **Articles L. 331-1 à L. 331-25 et L. 332-1 à L. 332-27 du code de l'environnement**

Ces articles concernent les parcs nationaux et les réserves naturelles. Ainsi, un parc national, établissement public, peut se constituer partie civile pour demander réparation du préjudice moral que lui cause une infraction commise sur son territoire. Le décret de création est pris après enquête publique et il réglemente, en outre, l'exercice des activités agricoles, pastorales ou forestières.

Peuvent être classées en réserves naturelles des parties du territoire où la conservation du milieu naturel revêt une importance telle qu'il convient de les soustraire à toute intervention artificielle susceptible de les dégrader. Il n'y a pas obligation de créer des réserves naturelles : la jurisprudence précise donc qu'il est « loisible au Gouvernement, compte tenu, notamment, des conditions locales et de la situation des espèces à protéger, de choisir entre les divers modes de protection dont l'autorité publique peut faire usage, sur le fondement du code rural ou d'autres législations, pour assurer la protection d'une espèce déterminée».

Toutefois, l'article L. 332-3 précise que « l'acte de classement peut soumettre à un régime particulier et, le cas échéant, interdire à l'intérieur de la réserve toute action susceptible de nuire au développement naturel de la faune et de la flore et, plus généralement, d'altérer le caractère de ladite réserve, notamment la chasse et la pêche, les activités agricoles, forestières et pastorales, etc. ».

- **Avis de la Commission des produits antiparasitaires à usage agricole en date du 28 mars 2003**

Le compte-rendu de la Commission des produits anti-parasitaires à usage agricole du 28 mars 2003, disponible sur le site internet du ministère de l'agriculture[3], fournit des éléments de discussion relatifs à l'examen du projet d'arrêté modifiant l'arrêté du 25 février 1975 (traitements par voie aérienne) était à l'ordre du jour de cette séance.

- Le rapporteur précise que, « en France, 21 entreprises sont spécialisées dans ce type d'application (hélicoptère ou ULM). Tous les applicateurs sont agréés. 250 000 hectares sont traités chaque année (forêt, maïs, vigne, riz et bananes). Compte tenu des problèmes de dérive, et de plaintes de voisinage, une révision du texte actuel a été engagée ».
- Le représentant du Conseil national des associations populaires familiales laïques (CNAFAL) considère que « le délai de 24 h prévu à l'article 3 du projet est insuffisant… Il considère par ailleurs que la distance de 50 mètres est insuffisante par grand vent. » Ce à quoi le représentant du Syndicat national des exploitants d'hélicoptères (SNEH) précise que :
    - « déclaration ne signifie pas obligatoirement traitement ;
    - on ne traite pas par grand vent ;
    - la distance de 50 mètres est déjà très contraignante, d'autant que le pilote vole à très basse altitude et tient compte de la dérive ».

---

3 http://www.agriculture.gouv.fr

- Le représentant du Ministère de l'écologie et du développement durable (MEDD) rappelle que « contrairement à ce que proposait la commission européenne [dans le cadre du document « Utilisation durable des pesticides »], la France a préconisé le maintien [du traitement aérien] assorti d'un système d'autorisation préalable. Le texte ne prévoit qu'une déclaration préalable ». La réponse du rapporteur est « qu'un système d'autorisation préalable aurait été trop complexe à mettre en œuvre », la déclaration préalable « semble une option apte à sécuriser le dispositif de manière suffisante».
- Une disposition relative à la prévention des accidents aériens dans l'article 2 est demandée par la représentante de la Direction générale de la forêt et des affaires rurales (DGFAR) mais cela relève de la réglementation générale relative à l'aviation civile.
- Le directeur de la Structure scientifique mixte (SSM) « approuve la restriction relative aux produits classés T et T+. Il souligne que cette mesure relève de la gestion du risque. Il considère que l'impact toxicologique et écotoxicologique du mode d'application par aéronef doit être amélioré, afin de cerner les impacts de manière plus analytique ».
- Un représentant du MEDD demande si l'exclusion des produits classés T et T+ est un critère suffisant, et pose la question des produits sensibilisants. Il demande par ailleurs comment la distance de sécurité de 50 m a été fixée, et si les produits bénéficiant d'un indicateur de zone non traitée (IZNT) de plus de 50 mètres feront l'objet d'une restriction supplémentaire. » Il lui est répondu que la « notion d'IZNT est une notion technique liée à l'évaluation du risque, alors que la distance de 50 mètres est une mesure de gestion du risque ». Par ailleurs, « la restriction relative au classement des produits constitue une avancée, dans la mesure où il n'y avait rien jusqu'à présent ». Le traitement contre les chenilles processionnaires du pin (*Bacillus thurengiensis* – non classé) est pris comme exemple : la bande de 50 m ne peut pas être respectée quand il y a des maisons au sein de la forêt. Il est répondu que 1- la lutte contre les chenilles fait l'objet d'une autorisation préfectorale et 2- la limite de 50 mètres va dissuader le traitement aérien pour les petites exploitations de maïs. Le directeur de la SSM souligne que « si le texte va dans le bon sens, cette distance a un caractère arbitraire, faute de données précises sur l'évaluation du risque ».
- Le représentant de la confédération paysanne considère « qu'il faut réduire au maximum le recours à ce type de traitement. La zone de 50 mètres lui parait insuffisante. Il demande enfin que le terme « déclarés » soit ôté du texte s'agissant des ruchers ». Cela n'a pas été pris en compte car le représentant de SNEH indique « qu'un traitement ne se fait pas sans considérer l'environnement… Il souligne que le nombre d'intoxications de ruchers suite à un épandage par hélicoptère est minime ».
- Le représentant de France Nature Environnement considère « qu'il faudrait aussi exclure de ce type d'application les produits très toxiques ou toxiques pour la faune aquatique, en particulier s'agissant des rizières et des forêts (présence des points d'eau sous le couvert). Il indique qu'il y a d'autres espaces protégés que les parcs nationaux ou régionaux ». Il est rappelé que, s'agissant des rizières, l'évaluation du risque des produits concernés tient déjà compte de la particularité du milieu.

La Commission approuve le projet hormis deux réserves :

- L'Association France nature environnement émet un avis défavorable ;
- Le MEDD émet une réserve d'examen sur la cohérence du texte avec la position française en matière d'utilisation raisonnée des pesticides.

- **Arrêtés préfectoraux**

Quelques arrêtés préfectoraux ont été émis, qui concernent les traitements anti-parasitaires par voie aérienne. La plupart, pourtant encore en application de l'arrêté de 1975, fixent déjà une bande de sécurité de 50 m pour les lieux cités à l'article 2 (arrêtés du 26 janvier 1977 de la préfecture de la Côte d'Or, du 5 février 1991 de la préfecture du Haut-Rhin, du 12 septembre 1994 de la préfecture de Saône et Loire). L'un de ces arrêtés précise que « toutes les parcelles de moins de 50 ares dont la limite la plus proche se situe à moins de 50 mètres des lieux cités ci-dessus sont exclues en totalité de tout traitement aérien ». Un autre stipule que « toutes dispositions devront être prises pour éviter la dérive des produits anti-parasitaires à usage agricole vers les lieux énumérés ci-dessus lors des traitements ». In fine, il semble donc que la bande des 50 m était utilisée bien avant la parution du nouvel arrêté, sans qu'elle ait fait l'objet d'un consensus d'experts : c'est une « mesure de gestion du risque ». Concernant les spécialités, un arrêté du 7 juillet 2004 de la Préfecture des Landes liste les seules préparations pouvant être utilisées par voie aérienne contre la chenille processionnaire du pin : celles à base de *Bacillus thuringiensis* ou de diflubenzuron. Alors que cet arrêté fait suite au texte de mars 2004, il demande à ce que l'information de l'application se fasse, malgré tout, une semaine précédant celle-ci (contre 24h prévues).

Les formulaires de déclaration ne faisant pas l'objet d'un traitement centralisé et d'une analyse régulière en France, il est difficile d'obtenir des données harmonisées sur l'épandage aérien en termes de superficies traitées (quelques données DGAl), de produits les plus fréquemment utilisés dans le cadre de ce mode d'application, de modalités d'informations auprès des associations de professionnels (apiculteurs etc.) ou du grand public, de délai d'autorisation d'accès au terrain après traitement etc. Dans le chapitre B suivant, procédures et pratiques au niveau international, en particulier européen, sont détaillées. Elles sont reprises spécifiquement pour la situation française (dont l'état des lieux constitue la base de ce travail précis) dans le chapitre III, en fonction de l'accessibilité des données.

- **Avis du CPP sur l'épandage de pesticides**

En 2002, le Comité de la prévention et de la précaution (CPP) recommandait d'analyser de manière approfondie les risques associés aux méthodes d'épandage par voie aérienne : « L'analyse des risques associés à ces méthodes devrait être approfondie, pour mieux connaître leur impact dans les zones habitées (suffisance de l'information ?), pour apprécier leur importance dans la pollution atmosphérique par les pesticides et pour étudier les dérives ou incidents potentiels. Les résultats de cette analyse devraient être accessibles aux populations concernées. »

B- Au niveau international : procédures et pratiques

La Commission européenne (DG ENV) a organisé le 31 mars 2004 une réunion d'expertise sur la place de l'épandage aérien dans la stratégie thématique sur l'utilisation durable des pesticides, cette pratique ayant été spécifiquement identifiée lors du processus de consultation (2002). L'analyse des mesures existantes au sein des Etats membres est un préalable nécessaire à leur harmonisation et à l'intégration des initiatives légales de la Commission dans les réglementations existantes. Pour l'évaluation économique, sociale, environnementale et sanitaire des mesures envisagées pour l'épandage aérien, les services de la Commission et un consultant (BiPRO) ont préparé un document sur les différentes options réglementaires. Ils ont également regroupé les premiers résultats quant à l'état des lieux de cette pratique au sein de l'Europe. Les situations sont très divergentes, tant au niveau des mesures prises que des pesticides utilisés par voie aérienne pour protéger les

mêmes cultures. Le tableau 1 suivant, comme le tableau 2 et la majeure partie de ce qui est contenu dans l'annexe 3 pour l'Europe, est traduit du compte-rendu de cette réunion et des différentes contributions.

Tableau 1 : Epandage aérien au niveau européen : les procédures générales

	FR	DK	NL	UK	SL	IT	BE	EE	CY	IE	MT
Interdiction totale		◙			◙			◙			
Interdiction sauf exceptions						◙			◙		
Restrictions sévères											
Permis	◙										
Meilleure pratique			◙				◙			◙	
Conditions de sécurité				◙							
Restrictions non sévères											◙
Instruments financiers											
Pas de restrictions											

FR : France, DK : Danemark, NL : Pays-Bas, UK : Royaume-Uni, SL : Slovénie, IT : Italie, BE : Belgique, EE : Estonie, CY : Chypre, IE : Irlande, MT : Malte

Le tableau 2 suivant complète le tableau 1 sur les pratiques et réglementations en cours pour les pays présents à la réunion.

Tableau 2 : Epandage aérien au niveau européen : les pratiques

Etat membre	Interdiction	Restriction sur les cultures et les nuisibles	Restriction sur le type de produit	Pilotes entraînés et certifiés	Autorisation ou Déclaration préalable
Allemagne	Non	Non	Oui	Oui	déclaration préalable
France	Non	Non	Oui (T et T+) + mélanges en cuve	Oui	déclaration préalable + rapport après application
Royaume-Uni	Non	Non (mais seulement utilisé pour le contrôle des fougères)	Autorisation spéciale PPP	Oui	autorisation + déclaration préalable + rapport
Belgique	Non, par hélicoptère ; Oui, par avion	Non	Oui (produits classés A et phytohormones)	Oui	autorisation + déclaration préalable
Grèce	Non	Oui (sont autorisées : forêt, riz, maïs)	Oui (processus d'autorisation)	Oui (100 heures d'expérience demandées)	autorisation + supervision par un expert
Autriche	Oui	En discussion (Diabrotica)			
Portugal	Non	Non	Autorisation spéciale PPP	En cours	déclaration préalable

PPP : produits phytopharmaceutiques

L'Union européenne est désormais membre de la Convention internationale de protection des végétaux (CIPV). Ce traité multilatéral a été institué sous les auspices de l'Organisation de l'alimentation et de l'agriculture des Nations Unies (FAO). « L'Europe pourra [désormais] jouer un rôle plus important dans la définition des règles internationales applicables à la protection et à la santé des plantes et végétaux, ce qui renforcera la crédibilité de l'Union elle-même dans ce domaine, assurant ainsi leur conformité aux normes internationales. » (communiqué de presse Europa, 20 juillet 2004).

L'annexe 3 reprend de façon littérale et détaillée les informations disponibles pour certains des pays européens cités ci-dessus. S'y ajoutent les informations disponibles au Canada, en Australie, aux Etats-Unis et celles publiées par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), la FAO et l'Organisation du commerce et du développement économique (OCDE). Les plus constructives, en regard des questions soulevées par la saisine, sont synthétisées dans le tableau 3 qui suit.

Tableau 3 : Synthèse des pratiques internationales en regard des questions soulevées par la saisine

Pays	Distance minimale de sécurité	Restrictions/interdiction de l'épandage aérien : produits, matériels, cultures/zones	Délais de déclaration préalables	Agréments et contrôles
Belgique	A partir de la bordure du champ : - Avec les zones habitées, industrielles, camping et zones protégées : 300 m - Avec les habitations isolées et uniquement en cas de vent orienté de la maison vers le champ : 50 m	- Interdiction partielle - Produits interdits : classés A et phytohormones - Matériel interdit : avion	- Demande d'autorisation au Ministère de l'Agriculture : 48 h avant minimum - Avertissement de l'administration communale: 12h avant minimum	- Autorisation et Déclaration préalable - Utilisateur agréé, pilotes entraînés et certifiés
Grèce		- Interdiction partielle sur les oliveraies - Seules zones explicitement autorisées pour l'épandage aérien : forêts, rizières, maïs - Seuls produits autorisés en forêts : biologiques - Seul matériel autorisé en rizières : hélicoptère		- Autorisation et supervision par un expert - Pilotes entraînés et certifiés - Après une application en rizières : analyse des résidus systématique
Espagne		Non		- Autorisation, déclaration préalable et rapport - Pilotes entraînés et certifiés ?
Royaume-Uni	- Voir leur application en lien avec les délais de déclaration/notification - Le pilote doit se maintenir à au moins 30 m (si consentement préalable) ou 60 m (dans les autres cas) de tout bâtiment habité et ses alentours, terrain de jeux ou de sport ou bâtiment d'élevage	Non, mais dans la pratique limité à l'Asulam pour le contrôle des fougères : - Réduction drastique de la pratique entre 1985 (470 000 ha concernés) et 2002 (4406 ha) !	- Consulter l'autorité compétente si une réserve naturelle ou un site d'intérêt scientifique spécial se situe à moins de 1 500 m de la zone à épandre : 72h avant minimum - Consulter le service compétent si une eau de surface se situe à moins	- Autorisation, déclaration préalable et rapport envoyé dans les 30 j, conservé 3 ans minimum - Pilotes entraînés et certifiés, assisté d'un « flagger » - Consentement des services compétents obligatoire s'il s'agit d'un

Pays	Distance minimale de sécurité	Restrictions/interdiction de l'épandage aérien : produits, matériels, cultures/zones	Délais de déclaration préalables	Agréments et contrôles
			de 250 m de la zone à épandre : 72h avant minimum - Notifier les apiculteurs du district : au moins 48h avant - Notifier l'officier en chef en santé environnementale de district : entre 24h et 48h avant - Notifier les occupants des propriétés à moins de 25 m de la limite de la zone : entre 24h et 48h avant - Notifier les personnes en charge des hôpitaux, écoles ou institutions situées à moins de 150 m : entre 24h et 48h avant - Avertissement visible pour les piétons et les véhicules dans les 60 m autour de la zone : 24h avant minimum	contrôle d'herbes aquatiques ou situées sur les berges d'un cours d'eau ou d'un lac
Canada	- Le pilote doit se maintenir à au moins 2000 pieds (660 mètres) de distance d'une zone habitée, sauf autorisation contraire - Respect d'une zone tampon basé sur le seul jugement professionnel des applicateurs qui peuvent utiliser des modèles de dérive. La direction et la durée de dispersion des gouttelettes peuvent être	- Seuls les produits évalués spécifiquement pour un mode d'application par aéronef peuvent être utilisés. L'étiquette comporte des instructions et un mode d'emploi précis. Seules les utilisations mentionnées sur l'étiquette peuvent être mises en pratique. Les données supplémentaires requises pour	- Notification produite entre 48 et 72h avant - Voisinage, y compris propriétaires adjacents, averti et informé sur le produit qui sera épandu et pourquoi, son mode d'application et sur tout problème spécifique que l'opération peut engendrer	- Référencement, certification et formation des services de traitement aérien - Applicateurs munis d'une autorisation valable dans la province dans laquelle ils épandent - Certificat de calibration assurant que l'appareil

Pays	Distance minimale de sécurité	Restrictions/interdiction de l'épandage aérien : produits, matériels, cultures/zones	Délais de déclaration préalables	Agréments et contrôles
	évaluées par traçage au SF6	l'épandage aérien entrent dans 3 catégories : données sur l'efficacité, données environnementales, données sur l'exposition professionnelle		utilisé épand de façon à assurer une bonne couverture de la zone en minimisant la dérive
Australie Ex. Tasmanie	En l'absence d'étiquetage précis, il est recommandé : - De ne pas épandre à moins de 50 m d'un cours d'eau (ou à moins de 10 m en cas de vent contraire) - Voir les restrictions de zones	Zones d'exclusion de l'épandage aérien : - Au-delà ou au deçà de 100 m des « limites acceptées » des zones non agriculturales, forestières ou de tout autre usage associé - A moins de 100 m d'un bâtiment ou d'un site occupé, sans permission de ses occupants - Au dessus d'un lac, d'un canal, d'un étang, d'une source, d'un marais, d'un lagon, d'un estuaire, de certaines parties de la mer, en dehors de ce qui est permis par un étiquetage approuvé - Pendant les horaires de classe, au deçà ou au delà d'1 km de toute école enregistrée	Le propriétaire du terrain à épandre doit avertir - le principal de l'école si elle se trouve à moins d'1 km de la zone - tous les occupants de propriétés à moins de 100 m	- Pilotes entraînés et certifiés - Données des opérations conservées au moins 2 ans et disponibles - Le pilote ne doit pas être engagé pour épandre à l'intérieur d'une zone d'exclusion sauf obtention d'une autorisation des occupants dont il doit être averti par le propriétaire du terrain

III- Etat des connaissances et retour d'expérience

A- Sur la source : les pesticides autorisés pour l'épandage aérien et état des lieux de leur utilisation en France

1- La procédure d'autorisation de mise sur le marché

1.1- Quelques définitions

Substances actives : les substances ou micro-organismes, y compris les virus, qui exercent une action générale ou spécifique sur les organismes nuisibles ou sur les végétaux, parties de végétaux, ou produits végétaux
Substances actives nouvelles : se dit des substances mises sur le marché depuis 1993
Substances actives anciennes : se dit des substances mises sur le marché avant 1993

Préparations ou spécialités : les mélanges ou solutions composés de deux ou plusieurs substances (« co-formulants »), dont au moins une substance active, destinés à être utilisés comme produits phytopharmaceutiques.

Les préparations sont donc aussi appelées produits phytopharmaceutiques (PPP) lorsqu'elles sont utilisées en majorité en agriculture. Ils se répartissent en plusieurs familles dont les principales sont :
- Les fongicides
- Les insecticides
- Les herbicides

1.2- Dispositif général

La directive 91/414/CEE du 15 juillet 1991 s'applique pour la mise sur le marché des spécialités phytopharmaceutiques dans la Communauté Européenne. La France a transposé la directive 91/414/CEE dans son droit interne par le décret n° 94-359 du 5 mai 1994 puis par l'arrêté du 6 septembre 1994. La loi support de sa transposition nationale est celle du 2 novembre 1943 relative au contrôle des produits anti-parasitaires qui reste applicable dans ses principes fondamentaux, mais dont le champ d'application a été étendu.
Ces textes stipulent que les produits pesticides ne peuvent être mis sur le marché qu'après une autorisation préalable, ou homologation, d'une durée de 10 ans. **L'homologation est valable pour une spécialité, c'est-à-dire une formulation sous un nom commercial**. Les substances actives incorporées dans les formulations doivent figurer sur une liste positive (annexe I de la directive 91/414/CEE). Les nouvelles substances actives font l'objet d'un examen des études toxicologiques et écotoxicologiques prévues à l'annexe II de la directive. Les substances actives déjà sur le marché depuis 1993 doivent être révisées selon les mêmes conditions que les nouvelles. Les spécialités renfermant les substances actives sont examinées par l'Etat membre chargé de délivrer l'homologation. Toute modification de la composition d'un produit par le fabricant ou modification du nom de marque par le détenteur de l'Autorisation de mise sur le marché (AMM) implique une nouvelle demande d'homologation.

Cette réglementation s'applique :

- aux produits issus de la synthèse chimique ;
- aux préparations d'origine biologique ;
- aux préparations du génie génétique.

On parle d'Autorisation de mise sur le marché (AMM) plutôt que d'homologation.

1.3- Instances participant à l'AMM

La Commission d'étude de la toxicité des produits antiparasitaires à usage agricole et des produits assimilés **est chargée d'examiner les substances actives et les spécialités en terme d'impact sanitaire et environnemental**. Cet examen aboutit à l'évaluation des dangers et des risques et en particulier au classement toxicologique et écotoxicologique, à l'attribution de phrases de risques et de conseils de prudence, à la proposition de limites maximales de résidus dans les aliments, de valeurs de référence toxicologiques (DJA, AOEL, ARfD), de concentrations prévisibles sans effet pour les organismes aquatiques et à la détermination des délais d'emploi avant récolte. Elle se prononce sur l'existence d'un risque sanitaire et/ou environnemental au sens de la directive 91/414/CEE.
La Commission est placée sous la tutelle du Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales. Elle comprend 35 experts (toxicologues, écotoxicologues, médecins, vétérinaires, agronomes) et s'appuie sur un réseau de 50 experts associés. Les représentants des diverses administrations concernées (Ministères de l'agriculture, de l'écologie, de la santé, de l'économie) sont présents en tant qu'observateurs. La Commission supervise une série de groupes de travail techniques ou méthodologiques (évaluation du risque pour l'homme, évaluation du risque pour l'environnement, méthodologie, …).
Cette Commission s'appuie, pour l'évaluation des risques, la coordination des travaux d'évaluation de risques et la gestion des informations, sur une structure scientifique et technique créée conjointement par l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) et le Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales : la Structure scientifique mixte (SSM). Enfin, la Commission d'étude de la toxicité élabore des avis scientifiques en réponse aux saisines du Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales, ainsi que des documents directeurs destinés à l'évaluation du risque. Les comptes-rendus des séances de la Commission sont téléchargeables sur Internet (http://www.versailles.inra.fr/ssm/).

Le Comité d'homologation est chargé de préparer la décision d'homologation d'un produit phytosanitaire (formulation), à partir des évaluations des risques, de l'efficacité et de la sélectivité du produit concerné. La proposition de décision transmise au ministre de tutelle (Agriculture) comprend des mesures individuelles de gestion du risque (gestion du risque aquatique, restrictions d'emploi, gestion des résistances). Le Comité élabore et propose par ailleurs des dispositifs plus généraux de gestion du risque pour une famille ou une catégorie de produits. C'est par exemple le cas des dispositifs de surveillance de la contamination des eaux par une substance (suivi post-homologation). Le Comité est composé de représentants des différents ministères et administrations concernés et s'attache le concours d'experts du Ministère de l'agriculture et de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA). Les comptes-rendus des séances du comité sont téléchargeables sur Internet (http://www.agriculture.gouv.fr/spip/ressources.themes.qualiteetprotectiondesvegetaux.maitrisedesintrants.evaluationdesproduits.comitedhomologationdesproduitsantiparasitaires_r702.html).

La Commission des produits antiparasitaires est une commission paritaire où siègent des représentants de la société civile ; ses membres ne sont pas ceux impliqués dans l'évaluation des dossiers.

1.4- Remarques diverses

- Pour les préparations composées de substances inscrites à l'annexe I de la Directive 91/414/CE, les États membres appliquent le principe de reconnaissance mutuelle : lorsqu'un produit est autorisé dans un autre pays de la Communauté, une AMM peut être accordée en France sans tests et analyses supplémentaires dans la mesure où les conditions d'emploi (conditions climatiques, pratiques agricoles, …) sont les mêmes (Article 10). Le pétitionnaire doit fournir un dossier de comparabilité.
- L'importation des produits antiparasitaires à usage agricole est réglementée par l'arrêté du 20 juin 1989. Toute importation nécessite une autorisation de mise sur le marché préalable. Toutefois, cette procédure n'est pas nécessaire lorsque le produit vient d'un Etat membre de la communauté européenne et qu'il y a obtenu une AMM. Le produit importé doit l'être dans son emballage d'origine avec sa marque d'origine. Un document officiel concernant l'exportateur et l'importateur est requis. Une traduction en français est imposée à partir du moment où le produit est à la disposition de l'utilisateur. Une évaluation du dossier de comparabilité, en particulier des compositions et du classement est réalisée par la Commission d'étude de la toxicité.
- Les autorisations de mise sur le marché dont font l'objet les pesticides pour les jardins d'amateurs, sont spécifiques et prennent en compte le fait que l'utilisateur n'est pas un professionnel. Elles concernent des produits en général déconcentrés. La mention "jardins d'amateurs", nécessaire à la distribution au grand public, doit figurer sur le produit. L'utilisateur non professionnel se doit de n'utiliser que les produits portant cette mention (Avis du 6 août 1997).
- Une autorisation de distribution pour expérimentation peut être délivrée par le Ministère de l'agriculture pour les produits n'ayant pas encore obtenu d'AMM.
- La procédure générale d'enregistrement des mélanges de produits commerciaux date de 2004 (DGAl). La déclaration d'utilisation de mélanges enregistrés lors d'une opération d'épandage aérien est d'ailleurs dorénavant prévue sur les nouvelles fiches Cerfa. Or, cette pratique est courante depuis de nombreuses années quel que soit le mode d'épandage (voir recommandations du CPP, 2002). Le respect de certains critères établis par le comité d'homologation permet l'enregistrement provisoire des mélanges, sans examen complémentaire de la commission (46 000 mélanges ainsi enregistrés en août 2004, en particulier pour la vigne – source : DGAl). Les critères d'efficacité (moins de produits utilisés) prévalent alors sur une évaluation (éco)toxicologique spécifique. Dans le cas d'un non respect, par le mélange, des critères établis par le comité d'homologation, la Commission d'étude de la toxicité doit procéder à une évaluation complète du mélange : l'enregistrement n'est pas délivré, même à titre provisoire. La Commission d'étude de la toxicité a produit un document intitulé « Evaluation des risques de préparations phytopharmaceutiques en mélange extemporané » sur la base des produits déjà autorisés[4]. Toutefois, un communiqué de presse de la DGAl paru le 25 mars 2005 annonce une simplification du dispositif relatif aux mélanges de produits phytosanitaires pour les agriculteurs, mais le texte définitif n'est pas à ce jour disponible.

---

4 Document (version 7 validée le 21 janvier 2004) disponible sur http://www.versailles.inra.fr/ssm/docguides-fr.htm

1.5- Exemption d'AMM

L'arrêté du 7 avril 2003 abroge l'arrêté du 7 septembre 1949 et supprime ainsi toute possibilité de dispense d'AMM. Cette suppression est d'application immédiate à compter de la publication au Journal Officiel soit au 10 mai 2003 avec pour conséquence l'interdiction dorénavant de toute commercialisation de ces produits sauf à obtenir une autorisation de mise sur le marché conformément aux exigences précisées par le décret n°94-359 du 5 mai 1994. L'article L 253-4 du code rural (ex article 2 de la loi du 2 novembre 1943) prévoyait en effet que de manière dérogatoire certains produits industriels simples puissent être exemptés d'homologation par arrêté interministériel. C'est dans ce cadre qu'avait été élaboré l'arrêté du 7 septembre 1949 portant liste des produits industriels simples non soumis à l'homologation, successivement modifié en 1959, 1988 et 1990. Cet arrêté autorisait la mise sur le marché des produits industriels simples dans la limite des usages prescrits dans la mesure où les caractéristiques physico-chimiques des substances concernées étaient conformes aux normes AFNOR correspondantes. Depuis 1993, le maintien de ce régime dérogatoire n'était justifiable que dans la mesure où il ne concernait que des substances actives non encore mentionnées sur les listes de révision selon la directive 91/414/CE. La notification ultime des dernières substances actives préexistantes ayant été réalisée, cet arrêté n'avait plus lieu d'être. D'un point de vue sanitaire, le maintien de ce régime de commercialisation assis sur des normes anciennes (la plupart ayant entre 20 et 30 ans) n'était en outre pas satisfaisant dans la mesure où les impacts toxicologique et écotoxicologique de ces produits n'étaient pas évalués.

2- Guides techniques et bases de données disponibles

2.1- Évaluation de la toxicité, de l'écotoxicité et scénarios d'exposition envisagés dans l'AMM

La directive 91/414/EEC est disponible en une version consolidée (http://www.versailles.inra.fr/ssm/docguides.htm) intégrant les textes des directives filles qui définissent les principes généraux et spécifiques de sa mise en application. Les exigences en termes d'informations sur les propriétés physico-chimiques, sur le comportement dans la culture cible et dans l'environnement, sur la toxicité et l'écotoxicité des substances et de leurs préparations représentatives y sont explicitées à l'annexe II. Les exigences en termes d'informations sur les propriétés physico-chimiques, sur le comportement dans la culture cible et dans l'environnement, sur la toxicité et l'écotoxicité des préparations et les conditions d'évaluation du risque sont explicitées à l'annexe III. Les critères décisionnels sont décrits dans l'annexe VI.

Les modalités et scénarios de l'évaluation des risques sanitaires et environnementaux, définis pour répondre aux critères de la directive, font quant à eux l'objet de **documents guides** dédiés publiés par la DG Sanco.
(http://europa.eu.int/comm/food/plant/protection/resources/publications_en.htm)

Ces documents destinés aux évaluateurs proposent des scénarios établis au sein de groupes de travail réunissant évaluateurs et représentants de la communauté scientifique internationale. Ils font, ainsi que le texte de la directive, l'objet de révisions régulières afin de toujours refléter l'état des connaissances dans les divers domaines de recherche concernés.
Pour ce qui concerne l'évaluation des transferts de produits suite à l'épandage des PPP par voie aérienne, ces documents techniques fournissent par grands types de cultures (cultures céréalières, arboriculture fruitière, vignes, maraîchage, …), selon la taille, l'avancement de la

pousse et la distance à la zone épandue, le pourcentage de produit déposé au niveau de l'écosystème voisin de la culture traitée (modèles de Ganzelmeier [1995] et Rautmann [2001]). On considère qu'aucune barrière végétale ne s'oppose à la dérive terrestre. Si des données expérimentales sont disponibles, ces dernières sont prises en compte sous réserve de leur validité scientifique et de leur pertinence. Il est précisé que dans le cas d'application par aéronef, un dépôt de 100% sur les cultures voisines doit être appliqué ou bien un modèle du type de AgDrift doit être utilisé. *"In case of aerial applications a deposition rate of 100% is assumed as the default, however this figure may be refined by applying appropriate models (e.g. AgDrift)".*

Chez l'homme, l'évaluation de l'impact sanitaire est menée pour l'opérateur et les personnes présentes ou « passants » sur la base des valeurs de toxicité de référence : *Acceptable Operator Exposure Levels* (AOELs). La détermination de l'exposition est notamment effectuée aux moyens de modèles POEM et BBA[5] qui ne sont pas adaptés au cas de l'épandage aérien par avion ou hélicoptère. Ces modèles d'exposition ne prennent en compte que l'exposition par la voie cutanée et par inhalation.

On retiendra donc ici que l'épandage aérien correspond, selon la directive, à un type d'usage, appelé « traitement par aéronef », et fait l'objet d'une évaluation au même titre que les autres modes d'application.
Toutefois, en pratique, le nombre de dossiers concernant des demandes d'AMM pour des usages par aéronef ayant été examiné par la Commission d'étude de la toxicité est très faible. Ceci s'explique en partie par le fait que le recours à un aéronef relève d'une pratique répondant à des contraintes agricoles et non à des contraintes liées au produit. Ce mode d'utilisation des produits est considéré comme non représentatif de l'usage du produit et est donc non mentionné par l'industriel dans le dossier de demande d'AMM. Par conséquent, le produit ne fait pas l'objet d'une évaluation pour un usage par mode d'aéronef. En revanche, lorsque ce mode d'utilisation est spécifié, le produit est évalué explicitement. La base E-PHY ne mentionne qu'un seul produit évalué spécifiquement pour un épandage par mode d'aéronef (FOLICUR EW 9800424, traitement aérien contre la cercosporiose des bananes ensachées).

L'interdiction d'appliquer des produits T ou T+ par aéronef (arrêté de mars 2004) relève plus d'une mesure de gestion des risques que d'une décision consécutive à une évaluation des risques, puisque cette dernière implique une confrontation avec des données d'exposition. Les premiers retours de la mise en application sur le terrain de cette nouvelle obligation insistent sur la contrainte que ces mesures représentent aux Antilles, pour la lutte contre la cercosporiose dans les bananeraies (source : DGAl).

Les produits phytosanitaires en usage en France sont fabriqués à partir d'environ 900 substances actives [CPP, 2002]. Ils sont commercialisés sous forme d'environ 9 000 préparations qui associent substances actives et substances appelées « co-formulants » ou adjuvants. Ces chiffres ne tiennent pas compte des substances actives qui ne sont plus commercialisées ou présentes dans les produits de consommation d'origine étrangère, importés en France en 2000. Dans ce cas des demandes de tolérance d'importation sont examinées par la Commission d'étude de la toxicité. Aujourd'hui, la procédure de ré-évaluation communautaire des substances en est à peu près à mi parcours.

---

[5] POEM= UK Predictive Operator Exposure Model – BBA = German Predictive Operator Exposure Model ; cf. documents relatifs à la sécurité des applicateurs de produits phytosanitaires sur le site de la SSM.

2.2- AGRITOX : base de données sur les substances actives phytopharmaceutiques

AGRITOX est une base de données sur les propriétés physiques et chimiques, la toxicité, l'écotoxicité, le devenir dans l'environnement, les données réglementaires **des substances actives phytopharmaceutiques utilisées en France**. Ces substances sont incorporées aux formulations qui, elles, sont autorisées.
Elle a été créée par le département de phytopharmacie et d'écotoxicologie de l'INRA.
80 % des informations contenues dans Agritox proviennent des dossiers toxicologiques de demande d'homologation déposés par les industriels au niveau français et européen, après validation par le groupe évaluation pour la commission européenne ou l'AESA, ou la Commission d'étude de la toxicité pour la France. Les 20 % de données restantes sont de source bibliographique.
Les mises à jour ont lieu après chaque séance de la commission d'étude de la toxicité des produits antiparasitaires à usage agricole (http://www.inra.fr/agritox).

Les informations toxicologiques et écotoxicologiques sur les substances actives (avec spécification des effets) sont donc accessibles au public via la base AGRITOX. Un tableau de synthèse disponible sur cette base de données reprend les valeurs de référence pour l'homme et pour l'environnement aquatique (PNEC ou Predicted No Effect Concentration).

2.3- E-PHY : autorisation d'usage pour les spécialités

E-phy est le catalogue des produits phytopharmaceutiques et de leurs usages, des matières fertilisantes et des supports de culture homologués en France. Il est disponible en ligne sur http://e-phy.agriculture.gouv.fr. Cette base propose une entrée par usage (cultures, parasites), par produit phytopharmaceutique, par substance active et par société. Du point de vue toxicologique, seule la classification européenne (et les phrases de risque et conseils de prudence associés) des produits est donnée, sans information sur les propriétés ou les évaluations toxicologiques ou écotoxicologiques conduites sur ces produits. Les substances actives sont caractérisées par un code substance et les produits par le numéro d'homologation. La liste des produits classés T comporte 135 spécialités ; celle des produits classés T+ comporte 36 spécialités (remise à jour du 25/04/2005). Ils peuvent contenir une ou plusieurs substances actives classées T ou T+ ou non. Ces produits sont interdits pour l'épandage aérien. A contrario, les produits autorisés pour l'épandage aérien (non T ou T+) peuvent contenir des substances actives T ou T+, du fait des faibles teneurs en substance(s) utilisée(s) dans le produit formulé (ex. de l'abamectine, substance active classée T+ contenue dans 5 spécialités étiquetées Xn et donc toutes potentiellement utilisables pour l'épandage aérien). Les règles de classification pour les préparations sont établies selon les critères de la DIR/99/45/CE. E-phy fournit également les limites maximales de résidus dans les cultures traitées.

Par ailleurs, dans ses recommandations, le CPP [2002] préconise de « développer la connaissance des effets sanitaires des co-formulants et adjuvants des formulations pesticides » reconnaissant que « les données sur ces produits ne sont pas assez complètes pour évaluer les risques qu'ils génèrent. » « Il serait nécessaire de soumettre les formulations commerciales aux mêmes essais que pour les matières actives, conformément à la réglementation relative aux préparations et appliquer ou faire appliquer plus rigoureusement la réglementation. » « Même s'il est impossible de concevoir des expérimentations qui permettraient d'étudier toutes les combinaisons possibles de pesticides (molécules, co-formulants et adjuvants) réalisés selon des plans expérimentaux rigoureux, des études d'intéraction spécifiques pourraient évaluer l'effet conjugué de certaines molécules auxquelles des populations sont exposées simultanément. Par ailleurs, comme cela est demandé par les professionnels, des études de certains mélanges extemporanés

devraient être menées ; le choix des mélanges à tester devrait se faire en priorité à partir de la fréquence de l'usage de tels mélanges, dans les situations pour lesquelles les études ergonomiques, épidémiologiques ou biologiques indiquent un risque lié à ce type d'exposition conjointe. »

Toutefois, les recommandations du CPP doivent être accompagnées des informations complémentaires suivantes.
La connaissance disponible des effets sanitaires « des co-formulants et adjuvants des formulations pesticides » est celle générée dans le respect de l'application des exigences réglementaires dans le cadre de la notification de ces substances. La Commission d'étude de la toxicité considère également que les informations sur certains co-formulants ou adjuvants sont insuffisantes pour en évaluer les risques et, à ce titre, a rédigé des documents guides pour l'évaluation[6] dont elle applique les exigences.
Des informations toxicologiques et écotoxicologiques sont requises et fournies pour les préparations. Elles concernent plus particulièrement les effets aigus et à court terme, ainsi que des études visant à évaluer l'influence des co-formulants sur la toxicité et la biodisponibilité de la substance comme par exemple les études d'absorption dermale. La Commission d'étude de la toxicité note que « l'exposition à long terme aux produits eux-mêmes n'a pas de réalité et qu'il est plus pertinent de considérer les différents composants et/ou leurs produits de dégradation ».
Le mélange de préparations est une pratique largement répandue, l'évaluation de ces mélanges n'est pas une exigence requise par la Directive 91/414/CE.
Néanmoins, suite à une saisine de la DGAl relative à l'évaluation des mélanges de préparations, la Commission d'étude de la toxicité a formulé un avis[7] assorti d'un document portant sur les exigences pour l'évaluation des mélanges[8]. Sur ce sujet, il faut également citer les rapports rédigés par d'autres instances internationales chargées de l'évaluation[9] et noter qu'il existe de nombreuses informations disponibles dans la littérature scientifique.

En conclusion, d'après l'arrêté de mars 2004, sauf éventuelle mention spéciale dans la décision d'autorisation, tout produit phytosanitaire non classé T ou T+ autorisé en France peut donc être utilisé pour l'épandage aérien.
L'absence d'autorisation spécifiant la possibilité d'un mode d'application par aéronef complique donc la qualification (quels produits/substances actives ?) et la quantification (doses à l'hectare ?) de ceux réellement utilisés en France par cette pratique. Pourtant, cette caractérisation est essentielle au bon déroulement de l'évaluation des risques.

---

[6] Exigences de la Commission d'étude de la toxicité concernant les formulants présents dans les préparations phytosanitaires ; Exigences de la commission d'étude de la toxicité concernant les dossiers d'adjuvants pour bouillies, http://www.versailles.inra.fr/ssm/docguides-fr.htm.

[7] Avis de la Commission d'Etude de la Toxicité concernant les mélanges de produits phytopharmaceutiques. Réponses aux questions faisant l'objet d'une saisine de la Commission par la Direction Générale de l'Alimentation. 16/10/2002, http://www.versailles.inra.fr/ssm/docguides-fr.htm.

[8] Evaluation des risques de préparations phytopharmaceutiques en mélanges extemporané, Commission d'étude de la toxicité du 21 janvier 2004, http://www.versailles.inra.fr/ssm/docguides-fr.htm.

[9] Risk assessment of mixtures of pesticides and similar substances. Comittee On Toxicity Of Chemicals In Food Consumer Products And The Environment. September, 2002 ; US EPA, Revised OP cumulative Risk Assessment, 2002, http://www.epa.gov/pesticides/cumulative/.

3- Etat des lieux de la pratique de terrain (métropole et DOM-TOM)

3.1- Régions, cultures et cibles concernées en France par l'épandage aérien

3.1.1- Les données de la Direction générale de l'alimentation (DGAl)

Les produits utilisés pour l'épandage aérien le sont pour des cultures et des cibles précises. Afin de les identifier au mieux en l'absence de réglementation interdisant ce mode d'application pour les produits n'ayant pas été déclarés spécifiquement comme utilisés par voie d'aéronef, il convient de recenser les cultures et les zones les plus concernées par l'épandage aérien en France. Cependant, il n'existe pas de registre harmonisé et centralisé. Sur la base des données fournies par la DGAl, les cultures les plus concernées sont la vigne (surtout en coteaux, en Champagne par exemple), le riz en Camargue et en Guyane, le maïs en zones de grande culture (centre, sud-ouest etc.), les forêts (façade atlantique, Lorraine etc.) et les bananeraies aux Antilles.

Le tableau 4 résume le fichier de synthèse fourni par la DGAl pour l'année 2003 sur le nombre des déclarations et les surfaces déclarées (hectares) pour l'épandage aérien en France (détail en annexe 4). Il classe les 5 premières régions et les 5 premières cultures d'importance pour ce mode d'application sur l'un et l'autre de ces deux critères. Ces données compilées sont à la base des scénarios contextuels qui ont été retenus par le groupe pour dérouler les évaluations de risque.

Tableau 4 : Principales cultures concernées par l'épandage aérien en régions au vu des déclarations et de la surface déclarée (source : DGAl)

Nombre de déclarations		
	Région	Culture
1	Martinique (2300)	Banane (2300)
2	Guyane (244)	Riz (259)
3	Aquitaine (167)	Vigne (221)
4	Bourgogne (94)	Maïs (116)
5	Midi-Pyrénées (80)	Cultures légumières (82)

Surface déclarée (ha)		
	Région	Culture
1	Martinique (85152)	Banane (85152)
2	PACA* (78068)	Riz (52450)
3	Guyane (23880)	Maïs (44135)
4	Aquitaine (21068)	Cultures légumières (17275)
5	Alsace (19458)	Vigne** (15205)

* Suit le pin (9253 ha), en 6ème position des surfaces

** Bourgogne, Languedoc-Roussillon, Rhône-Alpes

Données manquantes : Guadeloupe, Champagne Ardenne, Corse, Centre, Poitou-Charentes

3.1.2- Les données des exploitants

Dans un document transmis par la DGAl, le groupement français des hélicoptères fournit des données complémentaires (avril 2002). Par ailleurs, le Syndicat national des exploitants d'hélicoptère (SNEH) a été auditionné dans le cadre du traitement de cette saisine.

Les traitements effectués par les applicateurs membres du GFH-SNEH représentent 1% des surfaces cultivées sur l'ensemble du territoire. Les chiffres suivants ne concernent pas les DOM-TOM : il n'y a pas de membre GFH-SNEH parmi les applicateurs par hélicoptère dans les DOM-TOM ; de plus, d'après la base Phytagree[10], les applicateurs utilisent aussi les avions, en particulier en Guadeloupe et en Guyane. Cela explique que les bananeraies n'apparaissent pas dans les chiffres qui suivent, bien que leur traitement par mode aérien ne soit pas négligeable.
A noter : L'un des principaux applicateurs par avion aux Antilles a été contacté afin d'obtenir un complément d'informations sur les questions matérielles, sans succès. Les éléments transmis par la suite sur les avions l'ont été par les SRPV concernés.

La superficie totale de surfaces traitées par les membres GFH-SNEH est de 165 000 hectares en moyenne par an dont environ 70% en grandes cultures (8 opérateurs), 15% en sylviculture et 15% pour le reste des activités dont moins d'un tiers pour la vigne (6 opérateurs) et moins d'1% pour les traitements arboricoles (2 opérateurs). Les grandes cultures traitées par épandage aérien se répartissent essentiellement dans les régions Centre et Aquitaine ; les vignes en Champagne, la sylviculture en région PACA et, dans de moindres proportions en région Midi-Pyrénées, en Champagne et en Picardie.

[10] http://e-agre.agriculture.gouv.fr : liste des distributeurs et des applicateurs de produits anti-parasitaires agréés

Quelques chiffres sur les applications par type de cultures (source : GFH, SNEH [2002])
Viticulture
« 100 000 hectares de vignes sont traitées actuellement (2002) contre le mildiou et font l'objet de 6 à 12 interventions par an par moyens terrestres et aériens. 300 000 hectares de vignes sont concernés par le botritis. »
Grande culture
« 500 000 hectares consacrés à la culture du maïs sont justiciables de traitement contre la pyrale…sur 500 000 hectares, 100 000 sont traités avec des enjambeurs… »
Sylviculture, forêts

Quelques données sur les applications par type de produits (source : GFH, SNEH [2002])
Fongicides
En arboriculture : plusieurs applications par an de 1 ou 2 produits (fongicide + insecticide).
Sur vigne : 8 à 10 applications par an sur les mêmes parcelles d'un anti-mildiou et anti-oïdium.
Sur grandes cultures : une application par an d'un produit avec un adjuvant ou alourdisseur, ou de l'eau.
Céréales : généralement un produit sans mélange
Colza : des mélanges de produits
Pommes de terre : interventions contre le mildiou
Sur forêts : sur peupliers, 1 à 2 applications par an. Un seul produit par application.
Insecticides
En arboriculture : plusieurs applications par an de 1 ou 2 produits (fongicide + insecticide).
Sur vigne : 1 à 2 passages lors d'interventions ponctuelles contre la flavescence dorée.
Sur grandes cultures : une application d'un produit
Maïs : traitements contre la pyrale et sésamie, famille des pyrèthres avec une application d'un produit. Souvent en ultra bas volume (UBV) avec huile ou support aqueux induisant un litrage plus élevé. Ces traitements sont parfois effectués avec un fongicide
Maïs doux : généralement 2 applications d'un produit
Riz : une application d'un produit
Sur forêts : une application d'un produit (châtaigniers : généralement un insecticide biologique.
Insecticides biologiques
Généralement, une application d'un insecticide biologique par an sur forêts (pins ou feuillus, généralement, châtaigniers, chênes, peupliers). Selon le besoin, intervention 2 à 3 ans de suite.
Sur zones marécageuses pour démoustication, les traitements sont généralement effectués par moyens terrestres. Intervention sur demande des autorités.
Contre la pyrale du maïs.
Herbicides
Très peu effectué par hélicoptère sauf sur riz (un opérateur).
Généralement, une application par an (destruction des fougères en forêt).

Il n'est pas possible de connaître la part relative des opérations imprévisibles en regard des opérations prévisibles. Elle est très variable d'une année à l'autre.

Aspects humains et matériels
Les applicateurs par hélicoptère sont au nombre de 21 en France métropolitaine, Guadeloupe, Martinique et Guyane. Sur les 21 exploitants d'hélicoptères effectuant des traitements aériens, 12 sont membres du GFH-SNEH. Ces 12 derniers exploitaient (en 2002) 39 appareils en traitement aérien en 2002. Ils emploient 86 salariés permanents et 31 saisonniers réguliers.

Suite à son audition, M. Chaussepied (représentant du SNEH) a fourni le tableau 5 suivant qui récapitule le nombre et le type d'hélicoptères utilisés en travail agricole ou forestier en France et les systèmes de pulvérisation correspondants. Le Bell 47 est l'hélicoptère le plus utilisé (48 appareils), quelle que soit la culture, tant pour l'épandage ultra-bas volume que bas volume. Il peut être équipé de buses Micronair, à réduction de dérive, à jet plat et conique ou à jet conique pour les bananeraies.

Tableau 5 : le matériel utilisé pour l'application par hélicoptère des produits destinés à la protection des végétaux (source : SNEH)

Bell 47	**utilisation**	Hughes 269	**utilisation**	Hughes 500	**utilisation**	Ecureuil biturbine	**utilisation**
48	UBV 3 l/ha Micronair Insecticide Maïs colza B.T. forêts	6	UBV 3 l/ha Micronair Insecticide maïs, colza B.T. forêts	2	UBV 3 l/ha Micronair Insecticide Maïs, colza B.T. forêts	2	UBV 3 l/ha Micronair Insecticide B.T. forêts, Agglomérat.
	BV Buses à réduction de dérive 20 à 50 l/ha Fongicides Insecticides Vignes Riz Grandes cultures		BV Buses à réduction de dérive 20 à 50 l/ha Fongicides Insecticides Vignes Riz Grandes cultures		BV Buses à réduction de dérive 20 à 50 l/ha Fongicides Insecticides Grandes cultures		
	BV Jet plat et conique 20 à 50 l/ha fongicides vignes grandes cultures désherbage riz		BV Jet plat et conique 20 à 50 l/ha fongicides vignes grandes cultures désherbage riz				
	BV Jet conique 15 l/ha bananeraies						

Rq : la démoustication sur marais est effectuée en UBV (3l/ha) avec le système Micronair
BT : Bacillus Thuriengensis – BV : Bas Volume – UBV : Ultra-Bas Volume

3.2- Les formulaires de déclaration

Comme indiqué plus haut, l'information sur les déclarations d'épandage par voie aérienne n'est ni centralisée ni exploitée. Elle n'est pas harmonisée entre les différents SRPV.
Afin d'alimenter les évaluations de risque en données d'entrée suffisamment détaillées (en particulier, obtention des doses épandues à l'ha etc.), les 30 SRPV (ou équivalents dans les DOM-TOM) ont été sollicités. Le tableau de bord des réponses se trouve dans le tableau 6.

Tableau 6 : Tableau de bord des réponses des SRPV (Oui/Non)

Région	Réponse	Concernée*
Guadeloupe	O	O
Martinique	O	O
Picardie	O	O
Auvergne	O	O
Limousin	O	O
Midi-Pyrénées	O	O
Lorraine	O	O
Pays Loire	O	O
Rhône-Alpes	O	O
Poitou Charentes	O	O
Ile de France	O	O
Guyane	O	O
Aquitaine	O	O
Centre	O	O
Franche Comté	O	O
Nord Pas de Calais	O	O
Languedoc-Roussillon	O	O
Champagne Ardenne	O	O
Bourgogne	O	O
Haute-Normandie	O	N
Basse-Normandie	O	N
Wallis et Futuna	O	N
Mayotte	O	N
Bretagne	O	N
Alsace	O	O
PACA	O	O
Polynésie française	N	_
Nouvelle Calédonie	N	_
La Réunion	O	N
Corse	N	_

*par l'épandage aérien au moins au cours des deux dernières années
- pas d'information

Pour des raisons de faisabilité, seuls les fichiers dont les scénarios contextuels semblent les plus représentatifs de la pratique de l'épandage aérien en France (sur la base du fichier DGAl en annexe 4 résumé dans le tableau 4) ont été harmonisés dans l'objectif d'être utilisés dans les évaluations de risque. Les SRPV ayant fourni les données pour l'année 2004, certains scénarios contextuels ont été actualisés par rapport au fichier DGAl de 2003 (les données les plus récentes ont prévalu). Par ailleurs, ce dernier comportait des données manquantes sur des régions où la pratique de l'épandage aérien est connue : Champagne et Guadeloupe. Ainsi, concernant la vigne, la Champagne a été sélectionnée plutôt que la Bourgogne, d'autant que les résultats d'une étude expérimentale sur la dérive ont pu être comparé aux simulations réalisées pour cette région.

Les couples « région-culture » ainsi identifiés comme représentatifs de l'épandage aérien en France, pour les évaluations des risques, sont :

- Martinique - Bananes
- Guyane – Riz
- Champagne – Vignes
- Midi-Pyrénées – Maïs (culture céréalière)
- Aquitaine – Maïs doux

Les données harmonisées des 5 scénarios contextuels sont en annexe 5. Un autre scénario figure dans cette annexe : Aquitaine-Pin. Il ne fera pas l'objet d'évaluation des risques car :

1- il n'est pas au cœur de la saisine qui porte sur un texte relatif à la protection des végétaux ; or, la chenille processionnaire est à l'interface de la lutte anti-vectorielle pour la protection de la santé publique ;
2- il existe, en l'état des connaissances, très peu de données sur les impacts toxicologiques et écotoxicologiques du *Bacillus thuriengensis* utilisé dans le cadre de cette lutte ; il n'est donc pas possible de conduire à terme les évaluations de risque.

Toutefois, ce scénario a été pris en compte dans la simulation de la dérive, où il permet de conforter les discussions sur les limites d'application de l'outil choisi par le groupe de travail en regard des cultures « arboricoles » (hautes).

De plus, on note que des travaux communs DGS-DGAl-DGFAR-DPPR (projet de note de service, source DGAl) sont actuellement en cours afin de mettre en œuvre, sur des bases juridiques similaires à celles concernant la protection des végétaux, les traitements par voie aérienne contre des organismes nuisibles, dans un objectif de protection de la santé publique. C'est déjà le cas, pour les milieux forestiers, de la chenille processionnaire du pin et de la chenille processionnaire du chêne. Ainsi, il est proposé de reprendre les dispositions des articles 1 à 5 de l'arrêté du 5 mars 2004 dans l'arrêté préfectoral précisant les conditions d'utilisation par voie aérienne des produits de traitement utilisés dans le cadre de la lutte anti-vectorielle, pour les rendre obligatoires. L'article 3 de l'arrêté préfectoral proposé remplace les articles 6 et 7 de l'arrêté du 5 mars. Il stipule que « le donneur d'ordre porte à la connaissance du public, préalablement aux traitements aériens, la réalisation de ces traitements, notamment par voie d'affichage. » Par ailleurs, si des dispositions complémentaires devaient être prises en fonction des avis recueillis (DDASS, DSF, SRPV, DIREN, DSV), elles devront apparaître dans l'arrêté préfectoral.

Le tableau 7 suivant résume, pour chacun des 5 scénarios contextuels à visée d'évaluation des risques dans le présent document, les substances actives épandues par mode d'aéronef, avec la surface annuelle concernée et les doses à l'hectare appliquées. On rappelle que la substance active est la donnée d'entrée pour l'évaluation des dangers toxicologiques et écotoxicologiques (cf. chapitre précédent) mais aussi pour la simulation de la dérive (cf. chapitre suivant).

Tableau 7 : Surfaces épandues et doses à l'hectare (lorsque plusieurs doses sont indiquées, la dose maximale déclarée en 2004 est reportée) **des substances actives répertoriées dans les 5 scénarios contextuels représentatifs de l'épandage aérien en France.**

Scénario contextuel	Substances	Surface ha/an	Dose à l'ha g/ha
GUYANE-RIZ	2,4 MCPA	9 264	304
	carbaryl	776	1700
	glyphosate	4 138	810
	propanil	9 666	1249
	tébufénozide	160	120
	cyperméthrine	9 820	39
	alphaméthrine	370	15
	lambda cyalothrine	4 198	9
CHAMPAGNE-VIGNE	chlorpyrifos éthyl	748	285
	dinocap	2 860	210
	flusilazole	3 712	30
	folpel	17 161	1500
	fosétyl-aluminum	8 631	1884
	krésoxim-méthyl	2 429	100
	cymoxanil	9 899	120
	dimétomorphe	4 820	226
	mancozèbe	7 534	1500
	mefenoxam	1 391	
	métiram-zinc	90	1600
	pyraclostrobine	1 799	100
	tébuconazole	2 063	100
	trifloxystrobine	1 695	62,5
	zoxamide	2 054	123
MIDI-PYRENEES-MAÏS (grande culture céréales)	bifenthrine	2 041	18,618
	carbendazime	164	332,639
	flusilazole	113	185,841
	lambda-cyhalothrine	2 255	23,216
	cyperméthrine	1 836	49,019
	flutriafol	51	117,647
	pyrimicarbe	141	442,315
	deltaméthrine	2 100	25,238
	tébuconazole	343	250,729
	alphaméthrine	24	20,678
	indoxacarbe	60	33,333
MARTINIQUE-BANANE	propiconazole	90 000	332
	difénoconazole	90 000	332
AQUITAINE-MAÏS DOUX (culture légumière)	lamba-cyhalothrine	7 151	19,990
	deltaméthrine	7 513	20
	zétacyperméthrine	5 187	37,470
	pyrimicarbe	133	200
	indoxacarbe	2 254	40
	cyperméthrine	68	50

En conclusion, les informations disponibles sur les propriétés physiques, chimiques, toxicologiques et écotoxicologiques des substances sont accessibles au public via les sites de la Commission européenne et AGRITOX. Les comptes rendus détaillés des réunions de la Commission d'étude de la toxicité sont sur le web (http://www.versailles.inra.fr/ssm/). Chaque substance inscrite fait l'objet d'un rapport de synthèse et actuellement du rapport d'évaluation de l'agence européenne (disponible sur le web: http://efsa.eu.int/index_fr.html) qui synthétise les données nécessaires à l'évaluation, c'est à dire que toutes les substances sont décrites par un jeu de données au moins égal au minimum requis par la directive. Toutefois, les bases de données peuvent souffrir de délais dans les mises à jour. Le mode d'application par voie d'aéronef ne bénéficie pas d'une évaluation systématique en l'absence de la déclaration des industriels. Celle-ci n'est réalisée que lorsque cet usage est déclaré, ce qui est rarement le cas. En effet, ces 3 derniers mois, la Commission d'étude de la toxicité a examiné un seul dossier spécifique à l'épandage par voie d'aéronef (sur bananes) utilisant le modèle de dérive Agdrift (voir chapitre suivant). Le croisement de la base E-Phy avec les procès-verbaux de la Commission d'étude de la toxicité montre que très peu de dossiers disposent d'une évaluation spécifique de l'épandage aérien.
Concernant la pratique, on dispose d'informations parcellaires : aucune synthèse détaillée et harmonisée n'est disponible au niveau national sur l'épandage aérien des pesticides. Toutefois, le traitement de cette saisine a pu bénéficier d'un très bon taux de réponse de la part des SRPV, ce qui a permis de conduire les évaluations de risque.

B- Sur les compartiments environnementaux : l'étude de la dérive

La dérive est le paramètre d'entrée des évaluations de l'exposition des individus et des écosystèmes adjacents aux parcelles traitées. C'est le point critique majeur, au niveau environnemental et sanitaire, de l'épandage aérien. C'est aussi le cœur de la saisine dont l'objectif principal est bien de connaître l'impact attendu, dans l'environnement de la zone épandue (et plus précisément à 50 m de cette zone), de l'épandage aérien. Par ailleurs, le premier problème rencontré sur le terrain, lié à la mise en place du nouvel arrêté de mars 2004, est celui du respect de la bande des 50 m, jugée trop restrictive selon le Syndicat des hélicoptères.

Ainsi, les exploitants ont mis en place, avec le Cemagref et le Centre technique interprofessionnel de la vigne et du vin (auditionné par le groupe), un protocole expérimental d'étude de la dérive liée à l'épandage aérien, afin de déterminer une distance minimale de sécurité vis-à-vis des lieux sensibles. Cette étude n'a toutefois pas été initiée au jour d'aujourd'hui.
Une autre étude de la dérive générée lors d'épandage par hélicoptère a été conduite par BayerCropSciences. L'un des responsables de l'étude, M. Guyot, a été auditionné par le groupe. Les résultats de l'étude sont synthétisés ci-après.
Enfin, en France, comme dans la plupart des autres pays européens, aucune recommandation n'est faite quant au modèle de dérive le plus pertinent dans le cadre d'un épandage aérien, contrairement à d'autres pays où les modèles de simulation de la dérive sont utilisés plus couramment (Canada ou Etats-Unis) : une étude bibliographique a été nécessaire afin d'aboutir à la sélection d'un modèle utilisé au niveau international dans l'objectif de conduire les évaluations de risque.

1- Modèles de dérive existants pour l'épandage aérien

En France, le Cemagref de Montpellier travaille sur la modélisation de la dispersion des pesticides à l'échelle de la parcelle, lors d'applications terrestres (une thèse est notamment disponible : Da Silva [2003]).

Le premier outil dédié à la modélisation de la dérive porté à la connaissance du groupe a été le logiciel HPAC (Hazard Prediction and Assessment Capability, US-EPA) qui est utilisé dans le domaine de la défense : armes chimiques, biologiques, nucléaires, accidents en usines de production chimique et nucléaire, etc. Toutefois, aucune référence quant à son utilisation dans le cas d'épandage aérien de pesticides pour un usage agricole n'a été retrouvée dans la littérature.

HPAC est la version défense du logiciel SCIPUFF (Second-order Closure Integrated PUFF Model, US-EPA). Ce dernier est d'ailleurs utilisé dans HPAC pour la dispersion des polluants. Il a été recommandé par l'US-EPA[11] pour des applications non militaires non précisées. Un seul article y faisant référence a été recensé, dans la base INIST du CNRS (dans *Journal of applied meteorology*).

Le rapport « Evaluation des risques toxicologiques associés à l'utilisation d'adulticides dans le cadre d'un programme de lutte vectorielle contre la transmission du virus du Nil occidental » de l'Institut national de santé publique du Québec [INSPQ, 2002] cite deux modèles : Agdrift et PKBW2. Cette étude constitue, au sens strict, la seule référence d'évaluation du risque sanitaire (ERS) spécifique de l'épandage aérien, même si elle concerne la lutte anti-vectorielle et non la protection des végétaux. Cette entrée « ERS » a permis de repérer le modèle Agdrift comme étant la seule référence, aujourd'hui, des modèles de dérive liée à l'épandage aérien ayant été appliqués.

Le modèle PKBW2 a été développé par l'université du New-Brunswick, Canada pour les applications aériennes de pesticides. Il n'est pas, à notre connaissance, utilisé en dehors du Canada.
Une recherche internet avec le moteur « Google » et les mots clés : « PKBW+model », donne comme résultats uniquement l'étude de l'INSPQ, le livre écrit par Picot [1997] et un article canadien [Payne et al, 2000].

Le Modèle AgDRIFT (www.agdrift.com), initialement Agdisp (Agricultural dispersal), a été développé par l'USDA-FS (United States Department of Agriculture-Forest Service). Il a ensuite fait l'objet d'une collaboration entre l'USDA, l'US-EPA et la SDTF (la Spray Drift Task Force, créée en 1990, réunissant 39 industriels) pour le développement d'Agdrift sous sa forme actuelle. Agdrift comprend les algorithmes de Agdisp, la principale contribution de la SDTF étant une base de données alimentée par plus de 180 études de dépôt et une modernisation de l'interface.
Le groupe a retenu ce modèle en notant bien que sa vocation n'est pas de faire du développement méthodologique mais un état des lieux de l'existant pour répondre aux questions soulevées par la saisine. Seul Agdrift est à ce titre suffisamment documenté et recommandé par des instances internationales dans le domaine de la dérive liée à l'épandage aérien de pesticides pour servir de base aux évaluations de risque.

Le modèle Agdrift est décrit en annexe 6. En particulier, le rapport en annexe répertorie les données d'entrée nécessaires à la modélisation de la dérive.

---

11 tous les modèles de l'EPA peuvent être retrouvés sous : http://www.epa.gov/scram001/tt22.htm#rec

Remarque : les logiciels de prédiction de la dérive ne prennent pas en compte les phénomènes de re-volatilisation des gouttelettes ou de départs en phase gazeuse, que ce soit pour des transferts suite à des épandages par tracteur comme par voie aérienne. Carole Bedos et Benjamin Loubet (INRA de Grignon), contributeurs à la synthèse des connaissances sur ce thème, ont éclairé le groupe sur l'intérêt d'une prise en compte de ces phénomènes pour l'estimation de l'exposition, justifiée d'une façon générale mais prématurée dans le cadre du traitement de la présente saisine.
Il a donc été décidé par le groupe d'exclure ces phénomènes de l'évaluation de l'exposition, en l'état des connaissances actuelles.

2- Les études de terrain sur la dérive

Lors des auditions du 6 décembre 2004 à l'Afsse, M. Guyot a présenté le protocole et les résultats préliminaires d'une étude de dérive lors de pulvérisations aériennes en vignoble de Champagne. Cette étude a été réalisée par BayerCropScience en collaboration avec la Coopérative du syndicat général des vignerons. Un rapport final a été communiqué en mai 2005. Les résultats présentés dans ce rapport seront commentés en regard de ceux découlant de la simulation de la dérive (chapitre IVB) plus loin dans le rapport et à titre indicatif, dans le respect de la confidentialité des données. Les paragraphes ci-dessous sont extraits du document remis par M. Guyot lors des auditions.

L'objectif précis de l'étude était la mesure de la dérive lors de pulvérisations par hélicoptère réalisées sur des vignobles et une exploration des possibilités de limiter cette dérive à l'aide de matériels adaptés. En particulier, il s'agissait de comparer la dérive à différentes distances et en fonction du type de buses : d'un côté, les buses à turbulence ; de l'autre, les buses à injection d'air, qui constituent l'une des technologies de buses à dérive limitée (ou buses anti-dérive).
Outre des essais préliminaires permettant d'optimiser la disposition des buses à dérive limitée sur les appareils, un dispositif expérimental a été mis en place. Il était conforme aux lignes directrices du document de Ganzelmeier et al. [1995] qui précisent un certain nombre d'éléments pour la bonne conduite des essais. Le matériel le plus couramment utilisé a été choisi et la culture était traitée avec un traceur facilement analysable par des méthodes spectrophotométriques. Les parcelles choisies étaient par ailleurs susceptibles d'être traitées par épandage aérien.
Le traitement a été effectué sur 36 rangs à partir du bord de la parcelle, dans le sens des rangs de vigne. Cela correspond à trois passages adjacents d'hélicoptère, chacun permettant de traiter 12 rangs. Trois répétitions indépendantes sont effectuées, avec remplacement des dispositifs de collecte : boîtes de Pétri dans la zone de dérive, collecteurs sphériques sur les mâts et bandes de papier à l'intérieur de la parcelle.

C- Sur la population et les organismes non visés

L'étude de la dérive liée aux épandages de pesticides a fait l'objet de nombreuses études nord-américaines dans les années 1980. Environnement Canada [Wilson, 1975] [Wan, 1983] [Wan, 1989] a notamment étudié les phénomènes de dérive lors d'épandages par hélicoptère sur les zones boisées du littoral de la Colombie Britannique. Ces travaux, qui ont duré plus d'une dizaine d'années, visaient principalement à mieux comprendre les paramètres influençant la dérive (trajectoires de vol, configuration du sol, type de végétation, composition des herbicides, savoir faire du pilote, …), mais n'étaient pas particulièrement destinés à déterminer des impacts environnementaux ou sanitaires.

En Californie, le *California Department of Pesticide Regulation*, agence sous tutelle de Cal-EPA (*California Environmental Protection Agency)* a procédé à des campagnes de mesures de concentrations atmosphériques de pesticides au voisinage de rizières où était notamment épandu du méthyl parathion[12]. Ces mesures ont été exploitées pour mener à bien l'évaluation des risques sanitaires liés à ces épandages au moyen d'un scénario simple d'exposition par inhalation (chronique, aigu et sub-chronique) a alors été proposé.

Les recherches et publications plus récentes sont plus rares[13]. Une recherche bibliographique avec PubMed[14] à partir des mots-clés *aerial / aircraft ET pesticide* indique ainsi 113 articles entre 1960 et 2004. Certaines de ces publications présentent peu d'intérêt dans le cadre de la saisine, puisqu'elles concernent :

- l'efficacité et les impacts de la désinsectisation des vols internationaux : qualité de l'air intérieur dans les avions, impact sanitaire pour le personnel en vol et dans une moindre mesure pour les passagers ;
- l'efficacité et les moyens d'optimisation des méthodes d'éradication des moustiques ;
- les impacts des épandages américains d'agent orange pendant la guerre du Vietnam.

En définitive, seule une vingtaine d'articles ont été conservés pour constituer le fond documentaire de l'expertise. Cette base a été complétée par les contributions des départements santé travail et santé environnement de l'InVS. Enfin, les actes de la première conférence internationale relative à la dérive des pesticides, qui s'est tenue en octobre 2004, ont été consultés [ICPADM, 2004].

1- Les travailleurs

Les études traitant des effets sanitaires liés aux épandages aériens concernent avant tout les travailleurs (pilotes et opérateurs au sol). Dans la plupart des cas, les risques de décès par accident d'avions et les risques aigus d'intoxication sont mis en évidence et apparaissent comme les plus significatifs. Deux cohortes de travailleurs suivies par le *National Cancer Institute* et le service médical de l'aviation civile de l'Etat de l'Oklahoma ont permis de suivre de 1965 à 1979 d'une part et de 1979 à 1988, d'autre part, un grand nombre d'applicateurs et d'instructeurs [Cantor, 1991] [Cantor, 1999]. Dans la première étude, on a dénombré 699

[12] Informations disponibles sur le site web : http://www.cdpr.ca.gov/

[13] si l'on se limite exclusivement au domaine de l'épandage aérien, car les publications relatives aux pesticides sont par ailleurs très nombreuses.

[14] Résultats identiques pour la même recherche avec la base de données *Current Contents*

morts parmi les 9677 applicateurs (SMR[15] = 127) et 93 décès parmi les 9727 instructeurs (SMR = 93). Les morts imputables à des accidents d'avions étaient en augmentation notable (SMR = 1168 parmi les applicateurs et 630 parmi les instructeurs). Parallèlement, la prévalence des pathologies chroniques, dont le cancer, s'est avérée inférieure aux prévisions. Cependant, 8 applicateurs (SMR = 171) et 1 instructeur (SMR = 24) sont morts d'une leucémie. Cette différence non significative entre les 2 groupes de populations, observée également pour d'autres types de cancer, a justifié la poursuite du suivi de la cohorte. Ainsi, dans la seconde phase de l'étude, parmi les 1441 décès d'applicateurs et les 1045 d'instructeurs, les accidents d'avions se sont à nouveau avérés représenter la cause majeure des décès, respectivement 446 et 234. Les cancers du pancréas et les leucémies sont par ailleurs apparus élevés (calcul du RR, Risk Ratio) dans la population des applicateurs par rapport à celle des instructeurs ($RR_{K\ pancréas}$ = 2,71 et $RR_{leucémies}$ = 3,35). Les risques d'intoxication dus à l'absence de protection et d'information des mécaniciens qui réparent les avions dédiés aux épandages et des applicateurs qui préparent les mélanges avant épandage et nettoient les cuves après l'opération ont également été rapportés [McConnell, 1990] [Woodrow, 1989]. De manière plus anecdotique, une étude s'est attachée à connaître les répercussions, en terme de stress, des expositions aux fortes chaleurs dans le cockpit des pilotes [Gribetz, 1980].

Concernant les pathologies chroniques, les données sont quasi inexistantes ou disparates. Les pesticides susceptibles d'être à l'origine de troubles sanitaires appartiennent à 4 grandes familles : les organochlorés, les organophosphorés, les carbamates et les dinitrophénols [Quantick, 1981][16]. Une étude épidémiologique cas-témoins menée en Arkansas, importante région agricole des Etats-Unis, n'a pas mis en évidence une prévalence plus élevée de l'asthme et d'affections respiratoires parmi la population agricole exposée (135 cas = pilotes et 118 témoins) [Jones, 2003]. Enfin, plusieurs études mettent cependant en évidence l'inhibition de la synthèse de l'acétylcholine consécutive à des expositions aux pesticides épandus dans les pays en voie de développement [Ullman, 1980].

En France, les seules données disponibles concernent des travailleurs affiliés au régime agricole, pour lesquels peu de cas d'intoxications liées à l'épandage aérien ont été dénombrés. La Mutualité Sociale Agricole a eu connaissance de 4 cas survenus entre 1996 et 1999. Les substances associées à ces incidents étaient le luféron (1 cas), la lambda-cyhalothrine (2 cas) et le soufre associé au parathion-méthyl (1 cas). Les travailleurs étaient des exploitants ou salariés agricoles (3 cas) et un salarié non agricole d'une coopérative de stockage et de conditionnement. Les expositions se sont produites lors de la préparation du mélange ou lors de son chargement (3 cas) et lors d'une intervention à proximité d'un traitement en cours. Le port de protections était inexistant (50%) ou partiel. Les symptômes ont été des céphalées, vomissements, nausées, irritations oropharyngées, toux et conjonctivites.

Le département santé-travail de l'Institut de veille sanitaire a fourni une contribution sur le risque pour les travailleurs lié à l'épandage aérien en annexe 7.

---

[15] SMR = Standardized Mortality Ratio

[16] Cependant, la synthèse de Quantick datant de 1981, il est très probable que certaines substances ne soient plus utilisées pour des épandages aériens à ce jour.

2- La population générale

Plusieurs études ont traité des impacts sanitaires liés aux épandages aériens du *Bacillus thuringiensis Kurstaki* (Btk) ou Foray 48B (insecticide biologique). Une étude longitudinale cas-témoins chez des enfants canadiens de 2 à 6 ans n'a pas mis évidence de changement du débit maximal respiratoire après exposition au Btk épandu [Pearce, 2002]. Le Btk était épandu de mai à juin en Colombie Britannique par séries de 3 épandages à 10 minutes d'intervalle avec un DC6 volant à 61 mètres et larguant 4 L de produit par hectare. Le faible effectif sur lequel portait l'étude (29 cas et 29 témoins) constitue toutefois une limite à l'exploitation des résultats. Des troubles sanitaires ont été mis en évidence lors d'opérations de surveillance mises en œuvre par les départements de la santé des Etats de Washington et de l'Oregon [Morrissey, 2001]. Après épandage sur une zone urbaine de 2200 propriétés représentant 6600 personnes pour lutter contre l'invasion de Bombyx disparate, 59 personnes de 50 foyers ont été interviewées. Les symptômes décrits étaient les suivants : toux, mal de tête, gorge irritée, congestion du nez, irritation des yeux. L'auteur rappelle que les études épidémiologiques relatives au Foray 48B n'ont pas montré d'augmentation des pathologies respiratoires. Enfin, une étude menée en Nouvelle-Zélande auprès de 292 personnes [Petrie, 2003] rapporte également l'apparition de troubles respiratoires, gastro-intestinaux et neuropsychiatriques suite à un épandage de Foray 48B. Problèmes d'endormissement, fatigue, difficulté de concentrations, diarrhée, irritation du nez et de la gorge sont également décrits par les personnes interrogées, en particulier par celles souffrant déjà d'allergies saisonnières (rhume des foins).

Plusieurs études épidémiologiques américaines (Cape Cod, Long Island) ont tenté de déterminer les éventuelles corrélations entre les expositions aux pesticides (incluant les épandages aériens) et l'apparition du cancer du sein. Les expositions passées (inhalation, contact cutané et ingestion via le sol, les cultures et l'eau de boisson) sont reconstruites, incluant par conséquent les expositions aux substances susceptibles d'être interdites actuellement (DDT par exemple). Une légère augmentation de l'apparition du cancer du sein est observée, sans que pour autant un modèle de corrélation type puisse être proposé [Brody, 2002] [Brody, 2004].

Les concentrations atmosphériques en propanil ont été mesurées à proximité des champs de riz traités dans le delta du Mississipi (Arkansas) pendant la durée de l'épandage et les 90 minutes suivantes [Richards, 2001]. L'étude a porté sur 11 maisons, localisées entre 73 et 113 m des rizières, ont été concernées par cette étude : pour chacune d'elle, les concentrations étaient mesurées à l'intérieur, à moins de 5 m à l'extérieur de celle-ci, à 30 m de l'habitation, puis en bordure du champ. Les résultats montrent, comme on pouvait l'attendre, la forte influence de la direction du vent : lorsque la maison n'est pas sous le vent dominant lors de l'épandage, les concentrations de propanil ne sont pas détectables quelle que soit la distance au champ. Une autre publication étudie les éventuels troubles immunitaires de la population résidant à proximité de champs de riz traités par le propanil épandu par voie aérienne [McClure, 2001]. Des analyses de sang ont été conduites chez 56 adultes et 52 enfants avant l'épandage, de 5 à 7 jours après celui-ci, puis en fin de saison. La fonction immunitaire des personnes exposées (vivant à une distance inférieure à 100 yards des champs traités) a été comparée à celles des familles habitant à plus de 1 mile de toute rizière. Cette comparaison n'a pas mis en évidence de différence significative de la fonction immunitaire entre les 2 groupes.

En conclusion, très peu d'études s'intéressent à une classe de pesticides en particulier ou à leur mode d'application. Elles ont été résumées dans le tableau 8 par l'InVS. Les rares études disponibles étudiant l'exposition par voie aérienne en lien avec des évènements de santé ne montrent pas de relation entre exposition et toxicité (3 études) [Brody 2004, Thomas 1992, McClure 2001], montrent une relation entre exposition et toxicité chez des agriculteurs (1 étude) [Garry 2003] ou comparent des populations exposées à des

populations non rurales, ce qui peut induire un biais d'observation (2 études) [Saiyed 2004, Keifer 1996]. Dans l'étude de Brody, les résultats sont différents selon le type d'exposition aérienne ou non aérienne, mais selon les auteurs cette différence peut-être due à la nature des pesticides utilisés, différents selon les modes d'application, ou au hasard.
Dans tous les cas ces études ne permettent pas de déterminer la part des effets sanitaires liée spécifiquement à l'exposition par épandage aérien, car elles ne tiennent pas compte des autres modes d'exposition.
L'information sur les conditions d'exposition et leurs conséquences sanitaires dans la population générale est lacunaire. Il est cependant plausible que certains des effets sanitaires mis en évidence chez les travailleurs concernent également la population générale. Les études à venir devront donc tenter de mieux caractériser l'exposition des populations riveraines des exploitations agricoles en fonction notamment du type d'épandage et des quantités épandues, en s'intéressant à toutes les sources d'exposition (sols, poussières, eaux, alimentation, dérive aériennes des épandages).

Tableau 8 : Etudes épidémiologiques sur les effets sanitaires de l'utilisation aérienne de pesticides (source : InVS)

	Journal	Méthode				
Réf		Population	Type d'étude	Estimation de l'exposition	Evénement sanitaire	Résultats
Brody 2004	Environ Health Perspective	Population générale USA Cape Cod	Cas Témoin N=1165 femmes	Utilisation de pesticides aérienne (arbres) et non aérienne	Cancer du sein	NS Manque d'information sur les lieux de résidence des sujets
Saiyed 2004	Environ Health Perspective	Population générale Inde	117 exposés 90 non exposés 10 à 19 ans	Utilisation aérienne d'endosulfan Exposés résidents d'un village situé en bordure de plantation + épandage aérien >20 ans	Développement reproductif masculin	Niveaux plasmatiques d'endosulfan des exposés supérieurs à ceux des contrôles Score de développement sexuel lié négativement à l'exposition aérienne endosulfan
Garry 2003	J Toxicol Environ Health	Applicateurs de pesticides USA Minnesota	144 Cas 49 Témoins	Utilisation de pesticides par produits, volume et méthode d'application	Hormones reproductives et fonction thyroïdienne	Baisse significative de TSH de 1,75 à 1,11 mU/l chez les agriculteurs utilisant une application aérienne de fongicides (pas d'hypothyroïdisme observé chez témoins)
Keifer 1996	Occup Environ Med	Population générale Nicaragua	100 Exposés Exclusion des travailleurs	Exposés = résidence proche d'un champ de coton	Symptômes aigus et chroniques AChE	Plus d'épandage par avion près de l'habitation, traversée de champ traités et consommation de produits du "jardin" rapportés chez les exposés Proportion plus élevée de sujets avec symptômes chez exposés (87%) vs témoins (53%)
Thomas 1992	Epidemiology	Population générale USA	Application aérienne de malathion / hélicoptère 933 cas 1000 témoins	Indices d'exposition fonction - du nbre d'application pour chaque corridor d'application - distance au corridor le plus proche - aire totale d'application pondérée par nbre d'application et inverse de la distance	Avortement spontané, retard de croissance intra-utérin, prématurité, malformation congénitales	Pas d'association entre anomalies de la reproduction et application aérienne anomalies gastro-intestinales plus fréquentes pour exposition 2ème trimestre Erreurs de classification possibles liées à la différence entre exposition de la résidence et exposition individuelle (activités..)
Richards 2001	Arch Environ Contam Toxicol	Population agricole USA	8 sites	Application aérienne de propanil : Concentrations aériennes dans la maison, à 5 m et à 30 m	Non	Les concentrations sont principalement influencées par la direction et la vitesse du vent dans une moindre mesure par la distance de l'habitation au champ

Réf	Journal	Population	Méthode Type d'étude	Estimation de l'exposition	Evénement sanitaire	Résultats
McClure 2001	Arch Environ Contam Toxicol	Population agricole USA	Exposés/ non exposés 56 adultes 52 enfants	Application aérienne de propanil : résidence à moins de 91 m versus plus de 1600 m	Anomalies du système immunitaire	Pas de différence observée entre les habitants des fermes à moins de 91 m et des fermes à plus de 1600 m

3- Les écosystèmes

Les études de la littérature scientifique traitant spécifiquement des impacts environnementaux des épandages aériens sont globalement toutes aussi rares que celles propres aux effets sanitaires.

La contamination par la cyperméthrine des eaux de fossés adjacents à des parcelles traitées par voie aérienne a fait l'objet de quelques études [Shires, 1985-a]. Sous le vent, la contamination était faible, mais pouvait se répercuter à grande distance. Les concentrations mesurées de cyperméthrine (de l'ordre de 0,03 µg/L) diminuaient rapidement après la période de traitement. L'examen du zooplancton et de la faune invertébrée n'a pas révélé d'impact lié à l'épandage. De même, les stocks de poissons n'ont pas varié et les analyses de la chair de ces poissons n'ont pas fait apparaître la présence de résidus. Les mêmes auteurs ont procédé à la comptabilisation des populations d'arthropodes non cibles avant et après épandages aériens de cyperméthrine et de demeton-S-méthyl sur des cultures de blé d'hiver. L'étude a montré, pour chacune des 2 substances actives, une diminution des populations après le traitement par voie aérienne en comparaison des populations sur des parcelles témoins non traitées [Shires, 1985-b]. Pour le demeton-S-méthyl, la restauration des populations d'arthropodes a rapidement été observée. A long terme, ces 2 substances sont considérées comme n'ayant pas d'effet significatif sur ces populations.

La présence de résidus de nonylphénol dans l'environnement après épandage aérien sur une forêt de conifères de l'Ontario a fait l'objet de travaux [Sundaram, 1980]. Les résidus dans les feuillages exposés ont augmenté aussitôt après l'épandage, mais ont diminué de 60% 2 heures après. Après 30 jours, les teneurs étaient égales à 3% de la concentration maximale mesurée, tandis qu'après 62 jours, ces teneurs n'étaient plus détectables. Aucun résidu n'était détectable dans le sol de la forêt. Par ailleurs, les résidus de nonylphénol dans les eaux superficielles, à hauteur de 9 ppb 1 heure après l'application, ont décru de 50% les 2 heures suivantes. Des traces (2 ppb) étaient encore détectables après 5 jours, mais au-delà plus aucune teneur en résidus n'était mesurable. Enfin, 0,10 ppm de résidus ont été détectés dans un des 4 échantillons de sédiments 4 heures après l'application. De la même façon, ces auteurs ont étudié la présence de résidus de chlorpyrifos-méthyl dans l'environnement après 2 applications aériennes successives [Szeto, 1981]. Cette substance avait été appliquée à hauteur de 70 g par hectare sur une forêt de conifère de New Brunswick. Les résidus dans les feuillages exposés ont augmenté aussitôt après l'épandage, mais ont ensuite diminué de 30% en 24 heures. De faibles teneurs (0,03 ppm en poids humide) étaient encore détectables pendant 125 jours. De faibles teneurs (0,006 ppm en poids humide) ont aussi été mesurées dans la couche superficielle du sol pendant 125 jours. Dans les eaux superficielles, 90% de la substance avait disparu au bout de 3 jours, et 100%, 4 jours après la 2ème application. Dans les sédiments, des traces (0,1 ppm en poids humide) ont persisté pendant 10 jours. Dans la chair des poissons péchés (truite notamment), des concentrations de 0,05 ppm en poids frais étaient mesurées 3 jours après la 2ème application, tandis qu'aucune trace n'était détectable 9, puis 47 jours plus tard.

Enfin, on peut signaler une étude plus ancienne de quantification des résidus de diméthoate dans des feuilles de citronniers après traitement aérien par hélicoptère [Woodham, 1974]. L'objectif était de quantifier la teneur en résidus en fonction de la nature du pulvérisateur : ultra-bas volume ou grand volume. Avec ce dernier dispositif, les concentrations au bout de 14 jours étaient légèrement moins élevées qu'avec l'ultra-bas volume.

On note cependant que les études réalisées traitent en réalité d'effets observés dans les parcelles traitées et renseignent donc peu sur les impacts recensés à proximité immédiate. A priori, la dose appliquée à l'hectare est la même, que le produit soit appliqué par tracteur ou par aéronef, et ces références ne nous renseignent donc pas sur les impacts attendus suite à un traitement spécifiquement aérien.

IV- Mise en perspective et analyse des données

A- Préambule aux évaluations du risque lié à l'épandage aérien

Au préalable de la conduite des évaluations du risque, il convient d'être précis sur les objectifs de protection, tant du point de vue sanitaire que des écosystèmes. Ce point a fait l'objet de nombreuses discussions et d'un consensus du groupe de travail attaché à répondre le plus précisément possible aux questions soulevées par la saisine dans la limite du temps imparti.

Ainsi, pour des raisons de faisabilité, les évaluations s'attachent à apporter des éléments de réponse aux questions les plus spécifiques possibles posées **par l'impact potentiel de l'épandage aérien en dehors de la zone cible** (c'est-à-dire la zone épandue pour la protection des végétaux). Cela limite donc le champ d'investigation de l'expertise, tout en laissant au groupe la possibilité d'émettre des recommandations plus larges. Par exemple l'évaluation liée à l'utilisation de produits pour la lutte contre les moustiques ne sera pas abordée mais devrait l'être ultérieurement.

La question principale soulevée par la saisine est de savoir s'il existe ou non un impact à 50 m du bord de la zone épandue par mode d'aéronef.
Seules les personnes situées à l'extérieur des cultures épandues, possiblement exposées à la dérive à 50 m, sont considérées. Ce point très important sera intégré aux discussions et dans les recommandations générales. Une évaluation des risques pour les opérateurs, travailleurs et passants, conduite selon les critères de la directive 91/414/EC est une nécessité réglementaire et doit être réalisée dans le cadre du dossier de demande d'AMM.
De même, pour l'écotoxicité, seules les organismes hors champ sont considérées dans les évaluations conduites par le groupe de travail.

Par conséquent, en aucun cas cette étude ne se substitue au processus d'AMM : ce n'est pas une dispense à la nécessaire conduite d'une évaluation spécifique pour les produits appliqués par mode d'aéronef, évaluation qui fera l'objet d'une recommandation.
En effet, la plupart des produits identifiés sur la base des pratiques de terrain n'ont pas d'autorisation spécifique pour un mode d'application par voie d'aéronef (par exemple, le SEVIN épandu par avion en Guyane, cf. annexe 5).

Par ailleurs, l'évaluation du risque sanitaire et l'évaluation du risque écotoxicologique ont été conduites sur l'ensemble des substances actives listées dans les scénarios contextuels. En effet, partant de l'avis largement consensuel sur la nécessité de procéder à une évaluation de risque au cas par cas, avis motivé au vu de la variété des variables entrant en jeu dans la prédiction des impacts, il est apparu qu'une sélection de substances *a priori*, sur la base de quelques paramètres, sur lesquelles le groupe reposerait son avis était exclue. **Il a donc été décidé de ne procéder à aucun choix de substances actives parmi les scénarios contextuels jugés représentatifs de la pratique de l'épandage aérien en France**. En revanche, en fonction de la disponibilité ou non de certains paramètres (facteur de bioconcentration dans les végétaux, par exemple), en l'état actuel des connaissances, tous les scénarios d'exposition sélectionnés ne peuvent pas s'appliquer à toutes les substances.

In fine, le taux de dépôt à 50 m du bord de la zone épandue est la donnée d'entrée des équations des scénarios d'exposition, d'une part, et du calcul des PEC (Predicted Environmental Concentrations ou Concentrations prévisibles dans l'environnement), d'autre part. L'étude de sensibilité, développée dans la discussion, porte essentiellement sur la modélisation de la dérive, en faisant varier les paramètres les plus pertinents (vitesse du vent etc.) et en donnant les estimations à 100 m. Le taux de dépôt à 50 m, pour chaque substance active replacée dans son scénario contextuel, constitue donc la donnée commune des évaluations des risques sanitaires et écotoxicologiques.

B- La simulation de la dérive

On rappelle que le modèle Agdrift a été retenu par le groupe de travail pour évaluer la dérive. La description de ce modèle est fournie en annexe 6.
Ce modèle nécessite de nombreuses données d'entrée concernant notamment les caractéristiques de l'appareil, de l'équipement (nombre de buses, longueur de rampe,…) ou les conditions météorologiques (vitesse du vent, température,...). L'ensemble de ces valeurs d'entrée prises dans les différents scénarios est rassemblé dans les tableaux en annexe 8. Toutefois, des détails concernant le choix de ces paramètres pour la modélisation sont donnés ci-dessous. L'ensemble des valeurs a été validé par le groupe de travail.
Les scénarios présentés peuvent être regroupés en deux catégories : les cultures agricoles (vigne, maïs et riz) et les cultures arboricoles ou forestières (bananes et, uniquement pour illustration de la prise en compte d'une canopée haute dans la simulation de la dérive : le pin). Les résultats sont présentés séparément.

1- Les données d'entrée

1.1- Caractéristiques de l'équipement et de la technique d'épandage

Pour les épandages par hélicoptère, l'appareil retenu est le Bell 47, le plus couramment utilisé, ses caractéristiques sont celles fournies par le logiciel Agdrift.
En Guyane, les épandages s'effectuent par avion : le Piper PA 25. Ce modèle ne se trouve pas dans la bibliothèque du modèle. Un autre avion le Piper Pawnee D a été sélectionné selon les conseils d'un expert de la Direction Générale de l'Aviation Civile.

La technique d'épandage par hélicoptère a été définie de manière unique pour tous les scénarios : 12 lignes de passage, un espacement de 15 m entre les lignes, une rampe de 70 % du diamètre du rotor ou de l'envergure de l'avion et un espacement entre les buses de 0,3048 m. Ces paramètres ont été approuvés par la Fédération nationale des exploitants d'hélicoptères et par le groupe de travail.
La hauteur de la rampe a été définie avec la fédération des exploitants d'hélicoptères en fonction des cultures.

La distribution de la taille des gouttelettes est fonction de la buse employée et de ses caractéristiques de fonctionnement telles que la pression, le diamètre de l'orifice, l'angle de pulvérisation par exemple mais également des caractéristiques physiques du mélange (viscosité). De nombreuses buses sont disponibles sur le marché : les buses à turbulence, les buses à fente etc. Les distributions de taille des gouttelettes ont été choisies par les experts du groupe de travail parmi les distributions par défaut (annexe 9) proposées par le modèle en fonction des buses utilisées sur chaque type de culture.

1.2- Caractéristiques de la bouillie épandue

Il est nécessaire de renseigner le support (eau ou huile), la gravité spécifique, le taux d'évaporation, le taux de matière active (kg/ha), la fraction de matière active non volatile (kg/ha) et le volume épandu en l/ha. Les modélisations ont été effectuées pour chaque substance.

Concernant le support, certaines données fournies par les SRPV permettaient d'associer chaque substance à un produit et à un support (eau ou huile).
Pour le scénario Aquitaine-Maïs, lorsqu'une substance pouvait être épandue avec l'un ou l'autre des supports, celui qui était employé le plus fréquemment a été retenu.
Pour le scénario Midi-Pyrénées-Maïs, le support associé n'était pas connu. Pour les substances qui étaient identiques au scénario Aquitaine-Maïs (5 sur 11), le même support a été retenu. Il s'est avéré qu'il s'agissait toujours d'un support eau pour ces 5 substances, l'eau a donc été choisie comme support pour les substances restantes.

Le taux de matière active en kg/ha est directement issu des données transmises par les SRPV, en revanche la fraction de matière non volatile n'est pas une donnée connue. La valeur minimale acceptée par le modèle a été utilisée, c'est-à-dire la valeur du taux de matière active. Ce choix correspond au cas le plus défavorable.

Le taux d'évaporation lorsque le support est l'eau a été fixé à 84,76 $\mu m^2/°C/s$, valeur par défaut du modèle, et à 0 lorsque le support retenu est l'huile.

Les données sur le volume total épandu ont été fournies par type de culture et de traitement (herbicides/insecticides) par les SRPV et/ou la Fédération des exploitants d'hélicoptères (cf. tableau 5).

1.3- Les caractéristiques du champ

Les hauteurs de végétation ont été sélectionnées en accord avec la Fédération des hélicoptères et les membres du groupe de travail. Pour les cultures de faible hauteur (vigne, riz), la canopée n'a pas été prise en compte, ce qui correspond encore une fois à un cas défavorable.

1.4- Les caractéristiques météorologiques

Les données de température et d'humidité relative ont été estimées, par département, à partir de données mensuelles sur le site Internet de Météo France et des relevés des normales d'humidité. L'influence de ces paramètres a été évaluée dans l'analyse de sensibilité.

La vitesse de vent retenue est de 5 m/s, conformément à l'arrêté pour les épandages terrestres qui précise que la vitesse de vent maximale autorisée est de 19 km/h, soit exactement 5,3 m/s. Considérant que ce texte ne concerne pas l'épandage aérien, d'une part, et que les conditions météorologiques constituent une question centrale de la saisine, d'autre part, une plage de vent allant de 2 à 7 m/s (maximum raisonnable selon le retour d'expérience des professionnels de terrain) a été choisie pour l'étude de sensibilité exposée plus loin.

Dans tous les cas, la direction du vent est considérée comme perpendiculaire aux lignes de passage de l'appareil, ce qui maximise la dérive. Par ailleurs, la pression atmosphérique a été fixée à 1013 mbar.

Note importante : Les champs de vitesse du vent et de turbulence de l'atmosphère sont définis en conditions neutres. C'est un point important à prendre en compte dans l'interprétation et qui ne permet pas de décrire les situations de forte turbulence liées, par exemple, aux ascendances thermiques, à l'effet du relief ou de rideaux d'arbres.

2- Principaux résultats pour les cultures agricoles (scénarios riz, vignes et maïs)

Le tableau 9 résume les résultats de la simulation principale pour les 4 scénarios « Guyane-Riz », « Champagne-Vigne », « Midi-Pyrénées-Maïs » et « Aquitaine-Maïs doux ». On peut en extraire les informations suivantes :

- A 50 m, le taux de dépôt pour les scénarios Champagne-Vigne, Midi-Pyrénées-Maïs et Aquitaine-Maïs (support eau) est environ de **3% du taux d'application**. La décroissance du taux de dépôt est plus rapide pour le scénario « Champagne-Vigne » que pour les scénarios concernant l'épandage sur du maïs. Ainsi à 100 m, le taux de dépôt pour la vigne est d'environ 0,7% du taux d'application tandis qu'il est encore de 1,7% pour les épandages sur le maïs. La différence est due à la distribution de taille des gouttelettes qui sont plus fines sur le maïs. A 50 m, les résultats de dépôt sont toutefois identiques, ce qui est probablement lié aux différences de hauteur entre la rampe et la végétation qui est plus importante pour la vigne.
- Pour le scénario Guyane-Riz, le taux de dépôt est en moyenne de 4,1% à 50 m. Il apparaît par ailleurs que l'épandage par avion entraîne une dérive plus importante.
- Le scénario Aquitaine-Maïs avec l'huile comme support entraîne un taux de dépôt légèrement inférieur à 50 m que lorsque le support est l'eau. Plus précisément, le taux est supérieur pour l'huile jusqu'à 10 m puis il est supérieur pour l'eau, cette différence s'explique par le fait que l'huile ne s'évaporant pas, la taille des gouttelettes ne diminue pas.
- **Les dépôts varient peu en fonction de la substance retenue** : aux distances étudiées de 50 et 100 m, ce sont les autres paramètres qui priment**.** Ainsi, pour de fines gouttelettes, c'est lorsque la dose à l'hectare est la plus faible que le dépôt à 50 m est le plus élevé. Ceci est dû au fait que la fraction non-volatile est égale à la fraction active.

Tableau 9 : Synthèse des résultats de la simulation principale de la dérive pour les scénarios riz, vignes et maïs

SCENARIO	Substance	Dose à l'hectare (kg/ha)	Vitesse de vent de 5m/s								
			A 50m du bord du champ			A 100m du bord du champ			Fraction support évaporée * (%)	Airborne Drift * (%)	Downwind Deposition * (%)
			Dépôt		C horaire	Dépôt		C horaire			
			en %	en g/m2	en ng/L	en %	en g/m2	en ng/L			
GUYANE-RIZ	2,4 MCPA	0.304	4.13	1.26E-03	1.296726	1.39	4.23E-04	0.745632	5.16	0.99	5.41
	carbaryl	1.7	4.27	7.25E-03	7.115071	1.48	2.52E-03	3.989563	5.06	0.55	5.69
	glyphosate	0.81	4.17	3.38E-03	3.431355	1.42	1.15E-03	1.952357	5.15	0.81	5.50
	propanil	1.249	4.19	5.24E-03	5.269536	1.44	1.80E-03	2.990181	5.13	0.71	5.55
	tébufénozide	0.12	4.10	4.92E-04	0.512172	1.37	1.65E-04	0.293268	5.16	1.02	5.37
	cyperméthrine	0.039	4.07	1.59E-04	0.167358	1.36	5.29E-05	9.65E-02	5.17	1.08	5.33
	alphaméthrine	0.015	4.03	6.04E-05	6.41E-02	1.34	2.01E-05	3.72E-02	5.17	1.15	5.29
	lambda cyalothrine	0.009	4.04	3.64E-05	3.84E-02	1.34	1.21E-05	2.26E-02	5.17	1.15	5.28
CHAMPAGNE-Vigne	chlorpyrifos éthyl	0.285	3.22	9.18E-04	1.138303	0.71	2.03E-04	0.7363218	7.02	0.83	4.57
	dinocap	0.21	3.19	6.69E-04	0.840927	0.70	1.47E-04	0.5502757	7.02	0.95	4.52
	flusilazole	0.03	3.09	9.27E-05	0.124441	0.62	1.87E-05	8.36E-02	7.02	1.31	4.31
	folpel	1.5	3.34	5.01E-03	5.669154	0.80	1.20E-03	3.34E+00	6.98	0.35	4.82
	fosétyl-aluminum	1.884	3.35	6.31E-03	6.966547	0.82	1.54E-03	4.095698	6.96	0.32	4.80
	krésoxim-méthyl	0.1	3.13	3.13E-04	0.405729	0.66	6.61E-05	0.2665074	7.02	1.11	4.41
	cymoxanil	0.12	3.16	3.79E-04	0.479337	0.67	8.00E-05	0.3210357	7.02	1.07	4.43
	dimétomorphe	0.226	3.20	7.22E-04	0.904561	0.71	1.60E-04	0.5931027	7.02	0.92	4.54
	mancozèbe	1.5	3.34	5.01E-03	5.669154	0.80	1.20E-03	3.341761	6.98	0.35	4.82
	mefenoxam	0.09	3.13	2.82E-04	0.3718	0.66	5.90E-05	0.2394839	7.02	1.14	4.40
	métiram-zinc	1.6	3.34	5.35E-03	6.009759	0.80	1.28E-03	3.558041	6.97	0.34	4.82
	pyraclostrobine	0.1	3.13	3.13E-04	0.405729	0.66	6.61E-05	0.2665074	7.02	1.11	4.41
	tébuconazole	0.1	3.13	3.13E-04	0.405729	0.66	6.61E-05	0.2665074	7.02	1.11	4.41
	trifloxystrobine	0.0625	3.11	1.94E-04	0.257314	0.65	4.05E-05	0.170545	7.02	1.20	4.37
	zoxamide	0.123	3.16	3.88E-04	0.491287	0.67	8.20E-05	0.3293394	7.02	1.07	4.44

SCENARIO	Substance	Dose à l'hectare (kg/ha)	Vitesse de vent de 5m/s								
			A 50m du bord du champ			A 100m du bord du champ			Fraction support évaporée * (%)	Airborne Drift * (%)	Downwind Deposition * (%)
			Dépôt		C horaire	Dépôt		C horaire			
			en %	en g/m2	en ng/L	en %	en g/m2	en ng/L			
MIDI-PYRENEES - Mais	bifenthrine	0.019	3.42	6.37E-05	3.97E-02	1.91	3.55E-05	3.27E-02	25.3	1.28	6.84
	carbendazime	0.333	3.04	0.001012	7.41E-01	1.62	5.37E-04	0.5866889	24.46	1.27	6.42
	flusilazole	0.186	3.21	0.000596	4.38E-01	1.70	3.16E-04	0.3444569	24.9	1.34	6.55
	lambda-cyhalothrine	0.023	3.44	7.98E-05	4.93E-02	1.90	4.40E-05	4.06E-02	25.29	1.28	6.85
	cyperméthrine	0.049	3.37	0.000165	1.03E-01	1.84	9.04E-05	8.57E-02	25.25	1.28	6.81
	flutriafol	0.118	3.28	0.000386	2.61E-01	1.77	2.08E-04	0.2088229	25.09	1.28	6.66
	pyrimicarbe	0.442	2.97	0.001315	1.04E+00	1.58	7.01E-04	0.8241161	24.12	1.32	6.30
	deltaméthrine	0.025	3.43	8.65E-05	5.39E-02	1.89	4.77E-05	4.42E-02	25.28	1.28	6.84
	tébuconazole	0.251	3.10	0.000778	5.62E-01	1.65	4.15E-04	0.4435228	24.71	1.27	6.49
	alphaméthrine	0.021	3.43	7.1E-05	4.39E-02	1.90	3.93E-05	3.64E-02	25.29	1.28	6.83
	indoxacarbe	0.033	3.30	0.00011	7.05E-02	1.84	6.12E-05	5.84E-02	25.27	1.28	6.77
AQUITAINE-maïs doux	lamba-cyhalothrine	0.01999	3.20	6.39E-05	4.15E-02	1.72	3.43E-05	3.37E-02	20.75	1.22	6.42
	deltaméthrine	0.02	2.63	5.27E-05	0.035174	1.19	2.37E-05	3.10E-02	0	0.40	5.42
	zétacyperméthrine	0.03747	2.63	9.87E-05	6.64E-02	1.19	4.44E-05	5.86E-02	0	0.40	5.42
	pyrimicarbe	0.2	3.18	6.36E-04	0.464441	1.66	3.33E-04	0.3710999	20.44	1.32	6.39
	indoxacarbe	0.04	3.19	1.28E-04	0.082101	1.70	6.79E-05	6.72E-02	20.74	1.22	6.43
	cyperméthrine	0.05	3.21	1.60E-04	0.104382	1.70	8.49E-05	8.45E-02	20.72	1.22	6.43

* fraction support évaporée : fraction du support (eau) qui s'est évaporée à la fin de la simulation
airborne drift : fraction de la quantité de substance active initialement contenue dans le mélange qui est encore en suspension à la fin de la simulation
downwind deposition : fraction de la quantité de substance active initialement contenue dans le mélange qui se dépose entre le bord du champ et la distance maximale modélisée.

3- Principaux résultats pour les cultures hautes (scénario bananes, cas des forêts de pin)

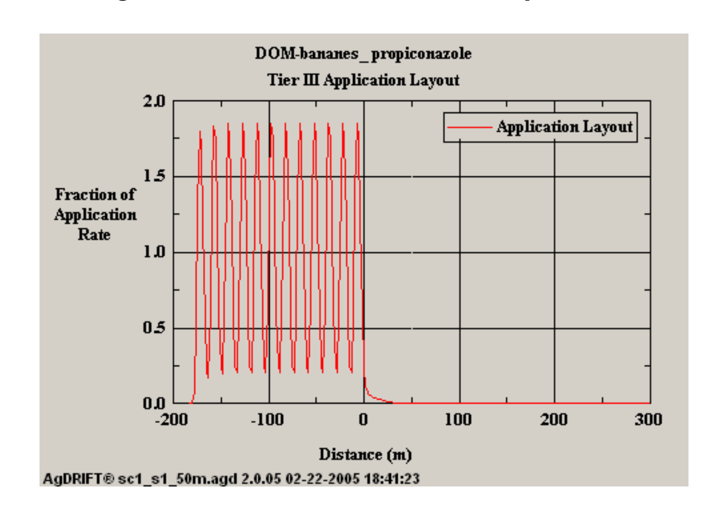
3.1- Scénario Martinique-Bananes (aussi appelé DOM-Bananes)

Les bananeraies sont des cultures plus hautes que les cultures agricoles. Afin de modéliser la dérive, il faudrait connaître de manière détaillée la disposition du champ et la pénétration possible des gouttelettes au sein de la culture. Le modèle Agdrift comporte plusieurs options pour prendre en compte la végétation. Ces options n'ont toutefois pas été exploitées par manque de connaissances sur leur influence.
Finalement, l'option retenue dans le modèle pour la prise en compte de la canopée est l'option de base (« basic ») : la trajectoire de la gouttelette n'est plus suivie lorsque elle a atteint la partie supérieure de la végétation. Ce choix n'étant pas « protecteur » puisque la dérive calculée est d'autant plus faible que la hauteur de canopée augmente, une modélisation avec une hauteur de végétation inférieure à la réalité a été étudiée.

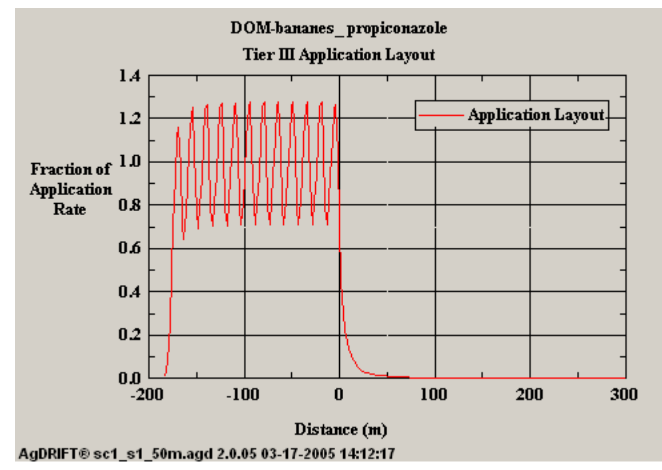
Ainsi, pour une rampe située à 5 m de hauteur et une végétation de 3 m de haut, on obtient alors un dépôt de 0,09% à 50 m. On peut toutefois observer que ce dépôt est très irrégulier au sein de la parcelle. Le coefficient de variation est ainsi de 0,64, ce qui semble très important et correspond à un épandage de très mauvaise qualité (cf. figure 1).
Une deuxième option a alors consisté à modéliser une hauteur de végétation plus faible que la hauteur réelle : 2 m au lieu de 3 m ; cela revient à considérer que les gouttelettes peuvent dériver librement dans le 1er mètre de la canopée. Le dépôt à 50 m est alors 11 fois supérieur (1,05 % du taux d'application) et le coefficient de variation beaucoup plus vraisemblable : 0,248 (cf. figure 2).

Les figures suivantes illustrent la différence dans la répartition au sein du champ lorsque la canopée est égale à 3 m ou à 2 m.

Figures 1 et 2 : Evolution du dépôt au sein de la parcelle traitée



$H_{canopée}$ = 3m, Coefficient de Variation = 0,64



$H_{canopée}$ = 2m, Coefficient de Variation = 0,25

Compte tenu de ce qui précède, et afin de définir le cas le plus défavorable, le calcul a également été effectué avec une hauteur de végétation de 0 m et une hauteur de rampe à 5 m : le dépôt à 50 m est alors de 6,31% et à 100 m de 2,03%.

La condition 3 (la plus pénalisante : hauteur de canopée à 0 mètre) et, le cas échéant, la condition 2 (hauteur de canopée à 2 mètres), sont retenues pour l'évaluation des risques pour les écosystèmes et la santé humaine.

Les résultats obtenus ainsi pour le scénario Martinique-Bananes sont synthétisés dans le tableau 10 suivant.

Tableau 10 : Synthèse des résultats de la simulation principale de la dérive pour le scénario bananes, selon 3 conditions de hauteur de canopée et de rampe

SCENARIO	Substance	Dose à l'hectare (kg/ha)	Vitesse de vent de 5m/s								
			A 50m du bord du champ			A 100m du bord du champ			Fraction support évaporée * (%)	Airborne Drift * (%)	Downwind Deposition * (%)
			Dépôt		C horaire	Dépôt		C horaire			
			en %	en g/m2	en ng/L	en %	en g/m2	en ng/L			
DOM-Bananes	C 1										
	Propiconazole	0,35	0,09	3.15E-05	2.49E-03	0,01	3. 50E-06	2.50E-03	0	0.0037	0.7778
	Difénoconazole	0,35	0,09	3.15E-05	2.49E-03	0,01	3. 50E-06	2.50E-03	0	0.0037	0.7778
	C2										
	Propiconazole	0,35	1,05	3,68.E-4	5.98E-02	0,30	1.05E-04	3.65E-02	0	0.0245	2.92
	Difénoconazole	0,35	1,05	3,68.E-4	5.98E-02	0,30	1.05E-04	3.65E-02	0	0.0245	2.92
	C3										
	Propiconazole	0,35	6,31	2.21E-03	1.541638	2,03	7.11E-04	0.5756688	0	0.0979	8.88
	Difénoconazole	0,35	6,31	2.21E-03	1.541638	2,03	7.11E-04	0.5756688	0	0.0979	8.88

C1 : Condition 1 : canopée à 3 m, rampe à 5 m
C2 : Condition 2 : canopée à 2 m, rampe à 5 m
C3 : Condition 3 : canopée à 0 m, rampe à 5 m

* fraction support évaporée : fraction du support (eau) qui s'est évaporée à la fin de la simulation
airborne drift : fraction de la quantité de substance active initialement contenue dans le mélange qui est encore en suspension à la fin de la simulation
downwind deposition : fraction de la quantité de substance active initialement contenue dans le mélange qui se dépose entre le bord du champ et la distance maximale modélisée.

3.2- Cas de l'épandage sur des pins

La modélisation de la dérive pour le scénario Aquitaine-Pin (cf. annexe 5) a également été réalisée bien qu'il soit impossible, par manque de valeurs toxicologiques de référence et écotoxicologiques de référence sur *Bacillus thuriengensis*, de mener à terme les évaluations des risques. Par ailleurs, en dehors du problème de la prise en compte de la hauteur de végétation déjà abordé pour les bananeraies, la question des habitations ainsi que des points d'eau à l'intérieur de la zone traitée se pose clairement. Elle pourrait d'ailleurs aussi se poser pour les bananeraies, pour lesquelles le scénario mériterait d'être complété. Or, cette question ne relève pas du cadre de la modélisation effectuée qui porte sur la simulation de la dérive hors champ.

La hauteur retenue pour les forêts de pins est de 15 m, la hauteur d'épandage de 18 m. La technique d'épandage utilise l'Ultra-Bas Volume : 3 l/ha, avec une distribution des gouttelettes classée dans la catégorie « ASAE Very Fine »[17] (annexe 9).

Comme pour les bananeraies, l'option de calcul retenue est l'option de base (trajectoire suivie jusqu'à la hauteur de la canopée) en l'absence de possibilité d'une caractérisation plus précise du couvert végétal. Trois hauteurs de végétation ont été considérées : une hauteur de végétation de 15 m et deux hauteurs plus faibles (10 et 12,5 m), afin de réduire l'influence de la rétention des gouttes dans la végétation (tableau 11). On constate alors que le taux de dépôt à 50 m est important à très important. Cela est du à la fois la petite taille des gouttes et à la grande hauteur des épandages.

Tableau 11 : Résultats pour le cas de l'épandage aérien sur pins dans le cadre de la lutte anti-vectorielle contre la chenille processionnaire

	Dépôt en % du taux d'application	
	à 50 m	à 100 m
Conditions 1 : Canopée à 15 m, rampe à 18 m	7,17	1,37
Conditions 2 : Canopée à 10 m ; rampe à 18 m.	43,07	16,79
Conditions 3 : Canopée à 12,5 m ; rampe à 18 m.	19,15	5,15

4- Commentaires sur l'étude expérimentale de dérive conduite par BayerCropSciences et les résultats de simulation du scénario Champagne-Vigne

Préambule: L'étude menée par la société BayerCropSciences est indépendante des travaux réalisés dans le cadre de cette saisine. Les experts du groupe ont jugé utile d'en exploiter les résultats à titre indicatif de comparaison, mais il ne peut s'agir en aucun cas d'une validation. Le rapport final reste ainsi confidentiel et c'est avec l'autorisation de BayerCropSciences que les informations qui suivent ont pu en être extraites.

La société BayerCropSciences a conduit cette étude en Champagne pour évaluer la dérive lors d'un épandage aérien par hélicoptère. Il est intéressant de confronter les résultats obtenus dans le cadre du scénario Champagne-Vigne modélisé avec AgDRIFT avec les

---

[17] Fraction très fine

résultats obtenus lors de cette étude bien, que les conditions météorologiques ou d'application diffèrent légèrement.
Cette expérimentation teste deux types de buses : les buses ATR (turbulence) ou les buses Airmix (injection d'air) et deux stades de la végétation : précoce et avancé.
Comparativement aux résultats de simulation, les valeurs expérimentales médianes de dérive au stade précoce de la culture sont plus faibles d'un facteur 3,7, quel que soit le type de buse. La valeur de dérive modélisée est équivalente au 90ème percentile pour les buses ATR et au maximum pour les buses Airmix de l'expérimentation. La surestimation du modèle pourrait s'expliquer notamment par la vitesse du vent qui varie de 0,6 à 5,5 m/s pour l'expérimentation, alors qu'elle est fixe et de 5 m/s pour la modélisation. Les simulations avec un vent de 2 m/s (voir analyse de sensibilité) deviennent semblables aux valeurs médianes expérimentales pour les deux types de buse. Ces comparaisons montrent une bonne cohérence entre la modélisation et l'expérimentation.

Par ailleurs, au stade précoce toujours, le facteur de réduction de la dérive entre les deux types de buses est de 6,6 en simulation comme en expérimentation. Les deux études confirment ainsi l'efficacité des buses à réduction de dérive.

Enfin, l'expérimentation apporte des renseignements complémentaires pour le stade avancé de la végétation, qu'il n'a pas été possible de modéliser. La dérive est réduite d'un facteur 3 pour les buses ATR et 1,3 pour les buses Airmix. L'extrapolation de ces résultats à d'autres situations semble toutefois difficile.

5- Limites de l'étude par simulation

En l'absence de données de terrain, le modèle de dérive Agdrift semble être un outil adapté pour estimer les taux de dépôt en bordure de parcelle. Les résultats méritent toutefois d'être traités avec prudence. On relève en particulier que :
- les résultats obtenus sont associés à un jeu de paramètres choisis comme raisonnablement défavorables. Ils ne prennent toutefois pas en compte l'incertitude et la variabilité associées à ces paramètres ; les valeurs ponctuelles ainsi obtenues doivent être mises en regard des principales hypothèses choisies, de l'analyse de sensibilité du modèle et des calculs d'intervalle correspondant (ces éléments sont traités dans un chapitre suivant).
- une plus grande attention doit être apportée à l'étude des différents paramètres influant la dérive qu'aux valeurs en elles-mêmes.
- les conditions météorologiques retenues ne couvrent pas les situations de forte turbulence liées par exemple aux ascendances thermiques ou aux effets de relief ou de rideaux d'arbres.
- la comparaison des résultats de simulation et d'expérimentation montre une bonne capacité de prédiction de la dérive.
- afin d'étudier les scénarios de type forêt, il faudrait se pencher de manière approfondie sur l'utilisation de modèles spécifiques à cette utilisation. Le modèle Agdrift comporte un module dédié, toutefois aucune comparaison avec des mesures de terrain n'est disponible. De plus, aucun détail des équations mises en œuvre n'est proposé. Par ailleurs, la question de la pénétration des gouttelettes au sein de la canopée est importante dans ce cas, notamment à cause des organismes qui se trouvent sous le couvert végétal. Toutefois, la description fine de celle-ci nécessiterait certainement l'utilisation de modèles plus académiques qui manquent encore de validation scientifique. Dans le cadre du traitement d'une saisine où l'on s'attache à raisonner le plus possible à l'aide d'outils existants et reconnus et de manière homogène, ce type d'approche est difficilement envisageable.

C- Evaluation du risque sanitaire pour les populations riveraines

1- Introduction générale

Les principes d'évaluation des risques retenus dans cette étude sont ceux développés dans le cadre des processus européens d'évaluation des produits phytosanitaires ainsi que ceux énoncés dans l'évaluation produite par l'Institut national de santé publique du Québec dans le cadre de la lutte contre le virus du Nil occidental par épandage aérien [INSPQ, 2002]. Ces principes sont conformes aux guides d'évaluation du risque toxicologique nord américains (dont les lignes directrices canadiennes pour les évaluations de risque toxicologique) et français en vigueur [InVS, 2000, INERIS, 2003]. Les travaux s'appuient donc d'abord sur les principes et terminologies définis dans ces derniers documents, et donc sur le paradigme de l'évaluation du risque sanitaire formulé par l'Académie des Sciences américaine en 1983 [NRC, 1983]. Ils se conforment aussi a minima à la Directive 91/414/CEE et à certaines méthodologies reprises dans le document d'aide à l'évaluation du risque toxicologique des préparations phytosanitaires élaborées dans le cadre de la Commission d'étude de la toxicité, qui renvoie aux documents de la DG Sanco (http://www.versailles.inra.fr/ssm/). Concernant la population générale, l'application de la directive européenne couvre un scénario prévu pour protéger le « passant » (« bystander ») de toute exposition directe aiguë par inhalation et contact cutané. Ce scénario s'applique quel que soit le type d'épandage considéré. Il ne distingue pas les individus plus sensibles comme les enfants, n'étudie pas la voie indirecte d'exposition par ingestion et n'envisage pas les durées d'exposition chronique qui ne sont pas considérées comme pertinentes dans le cas d'expositions directes. Dans le cadre de la présente étude, qui n'a pas pour objectif de se substituer à la procédure d'AMM (et qui peut donc être plus ou moins large, selon les aspects, que le cadre réglementaire de la directive européenne), il a été décidé par le groupe de travail de tester des scénarios pour toutes les voies et durées d'exposition (en cela, le document québécois constitue le fil conducteur) et de distinguer le cas d'un adulte et celui d'un enfant.

2- Principe

2.1- Identification des dangers et des valeurs toxicologiques de référence (VTR)

Conformément aux données disponibles et aux discussions préalables dans le présent rapport, il est rappelé que le paramètre d'entrée de l'identification des dangers est **la substance active**. Celles qui nous intéressent sont listées dans le tableau 7 précédent et reprennent les substances jugées les plus représentatives de la pratique de l'épandage aérien pour la protection des végétaux en France.
La classement toxicologique et les valeurs toxicologiques de référence des substances ont été recherchées, à partir du n° CAS, dans les bases de données AGRITOX (Commission d'étude de la toxicité, UE, Valeurs toxicologiques de référence FAO/OMS) et TERA (EPA, ATSDR, RIVM etc. via TOXNET).

Dans Agritox, le classement toxicologique et l'étiquetage sont attribués soit par la Commission d'étude de la toxicité des produits anti-parasitaires à usage agricole, soit par la Commission de l'Union européenne (CEE), dans les deux cas, selon les critères de la Directive européenne 67/548/CEE et de ses adaptations. Le classement cancérogène des substances a également été recherché dans les bases du Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) et de l'EPA américaine (base IRIS). Des compléments ont aussi été reportés sur le caractère mutagène ou reprotoxique des substances. Le détail des effets est

décrit pour environ 100 substances dans les fiches Agritox. Ils ont pu être un peu plus renseignés grâce à la consultation des autres bases de données.
Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) suivantes ont été recensées :

- Dans Agritox :
    - AOEL (mg/kg.j) : Niveau d'exposition acceptable pour l'opérateur (Acceptable Operator Exposure Level en anglais): cette valeur désigne la quantité maximum de substance active à laquelle l'opérateur peut être exposé quotidiennement, sans effet dangereux pour sa santé. Plus précisément, il s'agit de doses internes dérivées par défaut à partir des données toxicologiques relatives à l'exposition sub-chronique par ingestion et extrapolées pour protéger l'opérateur, le travailleur agricole et le passant en tenant compte du pourcentage d'absorption par voie orale, quelle que soit la voie d'absorption (principalement cutanée et inhalation) pour des périodes d'exposition répétées avec un maximum total de 3 mois/an. Plus rarement, si l'extrapolation voie à voie n'est pas justifiable, l'AOEL est basée sur les études de toxicité spécifiques par inhalation et/ou par contact cutané ; il est procédé de façon comparable s'il existe des preuves de toxicité chronique (l'AOEL sera alors dérivée à partir des études de toxicité chronique). Le document de la DG SANCO correspondant se trouve sur le site de l'INRA (http://www.versailles.inra.fr/ssm/).
    - DJA (mg/kg.j) : Dose Journalière Admissible (Acceptable Daily Intake en anglais, valeur également fournie par le RIVM) : il s'agit de la quantité de substance qui peut être quotidiennement ingérée par le consommateur, pendant toute sa vie, sans effet pour la santé.
    - ARfD (mg/kg.j) : Dose de référence aigue (Acute Reference Dose en anglais): il s'agit de la quantité maximum de substance active qui peut être ingérée par le consommateurs pendant une courte période (c'est-à-dire au cours d'un repas ou d'un jour), sans effet dangereux pour sa santé.

- Dans TERA :
    - RfD (mg/kg/j) : Dose de référence (Reference Dose en anglais) : il s'agit de la quantité de substance qui peut être quotidiennement ingérée (par le biais de l'eau, des aliments ou de poussières) par le consommateur, pendant toute sa vie, sans effet sur la santé (équivalent de la DJA), fournie par l'EPA américaine. Par inhalation, on parle de concentration de référence (RfC, en mg/m^3). L'équivalent pour le RIVM ou Santé Canada est la TCA (concentration tolérable dans l'air).
    - MRL (mg/kg.j ou mg/m^3) : Niveau de risque minimum (Minimum Risk Level en anglais) : déterminé pour une durée d'exposition chronique, intermédiaire ou aigue, par inhalation ou ingestion, il s'agit d'une estimation de la dose d'exposition journalière supposée ne pas avoir d'effet adverse pour la santé sur la période de temps considérée, fournie par l'ATSDR.
    - ERU ($(mg/kg.j)^{-1}$ ou $(mg/m^3)^{-1}$) : Excès de risque unitaire (Unit Risk en anglais) : il s'agit de l'estimation du risque de cancer, par ingestion ou par inhalation, lié à une exposition continue durant la vie entière à une dose unitaire de produit. Des ERU sont disponibles principalement auprès de l'EPA américaine mais aussi de l'OMS ou du RIVM.

Les doses sans effet observé (DSE ou NOEL en anglais) et les facteurs de sécurité (FS) à partir desquels sont calculées les VTR sont aussi indiqués. La DSE est généralement issue de l'étude la plus appropriée sur une espèce animale sensible et représentative. Le FS tient compte de la variabilité intra et inter-espèce et de la nature des effets sur la substance. Ces derniers sont décrits principalement pour les substances présentes dans d'autres bases que Agritox.

Lorsque plusieurs VTR sont disponibles pour une même substance, selon les mêmes modalités d'exposition, la plus pénalisante est choisie par défaut pour les calculs de 1ère approche[18].

2.2- Evaluation de l'exposition liée à la dérive de l'épandage aérien

Les scénarios, équations et paramètres d'exposition sont basés sur l'expérience de l'INRA-SSM quant à la prise en compte des passants (« bystanders ») dans la procédure d'AMM ainsi que sur l'évaluation des risques toxicologiques conduite par les québécois [INSPQ, 2002]. Un enfant (2 à 7 ans) et un adulte sont considérés.

Sont prises en compte les expositions aigues et chroniques attribuables à la dérive à 50 m de l'épandage aérien, par des voies d'exposition jugées pertinentes. Celles-ci ont été particulièrement identifiées en regard de l'étude conduite par le Québec. Ainsi, sont retenus par le groupe de travail les scénarios suivants :

- Exposition aiguë :
  - l'inhalation de gouttelettes en suspension dans l'air ;
  - l'absorption cutanée des gouttelettes en suspension dans l'air, des particules du sol et de celles déposées sur le gazon ;
  - l'ingestion le jour même de résidus déposés sur les aliments de potager et ceux adsorbés aux particules ; dans ce dernier scénario, le cas particulier de l'enfant PICA (trouble du comportement alimentaire qui se traduit par une ingestion habituelle de produits non alimentaires ou un portage oral important) a été rajouté.
- Exposition chronique :
  - Ingestion d'aliments d'origine locale et de particules.

Les scénarios et équations d'exposition sont déclinés précisément ci-dessous. On rappelle que le tableau 9 synthétise les résultats des simulations Agdrift et fournit, en particulier, le % de dérive et le dépôt au sol, ainsi que les concentrations horaires dans l'air des gouttelettes. Les autres paramètres quantitatifs du calcul de l'exposition (environnementaux, physico-chimiques, humains) et leurs sources sont spécifiés en annexe 10. En dehors des paramètres environnementaux qui proviennent des données de sortie Agdrift, certaines équations de transfert (air-plantes, sol-racines-plantes) ou le calcul de certains paramètres d'ordre physiologique (perméabilité cutanée…) intègrent des propriétés physico-chimiques des substances collectées sous Agritox ou HSDB. L'absorption dermale par défaut prise égale à 1 ou 0,1 a été déterminée sur la base du document guide de la DG Sanco correspondant. Les paramètres humains d'exposition ont été collectés de préférence dans la base de données CIBLEX (Banque de données de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué, IRSN, ADEME, 2003) et, le cas échéant, dans l'Exposure Factor Handbook de l'US-EPA [EFH, 1997] ou d'autres documents considérés par le groupe comme plus adaptés au contexte de l'étude (INSEE, INERIS, US-EPA etc.). Concernant les modalités de l'exposition humaine, on remarque principalement que :

- Le groupe a utilisé un modèle de simulation de la dérive repris dans sa globalité, reconnu par ailleurs. Il n'y a pas eu modification des données par défaut du modèle. Ainsi, afin d'être compatible avec la moyenne horaire des concentrations dans l'air des gouttelettes fournie par Agdrift, la durée journalière d'exposition est d'1h ; on rappelle que l'évaporation des gouttes n'est pas prise en compte dans Agdrift : cela imposera quelques simplifications dans les scénarios d'exposition ;

---

[18] Cette décision a été appliquée à toutes les substances malgré l'inscription de certaines à l'annexe I de la directive européenne. Ainsi, des RfD de l'EPA ont été choisies aux dépends des DJA disponibles sous Agritox pour le 2,4 MCPA et le flusilazole (en annexe I).

- Le nombre journalier de pulvérisation est de 1 ; le nombre annuel de pulvérisation(s) est de 1 pour les insecticides (scénarios maïs, riz) et de 6 pour les fongicides (scénarios vignes, bananes) (décision du GT, d'après le retour d'expérience) ; le nombre d'années prise en compte pour l'accumulation dans les sols est de 1 (compte tenu des temps de ½ vie dans les sols des substances actives considérées, il a semblé légitime de ne pas prendre en considération une bioaccumulation dans les couches superficielles du sol perdurant au-delà d'une année) ;
- Les régimes alimentaires sont distingués en fonction des régions (à défaut d'information spécifique disponible, les DOM sont assimilés au régime méditerranéen) ; en revanche, l'auto-consommation (consommation des produits du jardin potager) est prise comme étant de 30% partout (source : CIBLEX) ;
- Les surfaces cutanées directement exposées sont considérées plus importantes dans les DOM (bras et jambes entiers) qu'en métropole (demi bras et demi jambes).

On rappelle pour finir que les 2 individus types considérés sont l'enfant de 2 à 7 ans (pour lesquels le régime alimentaire est disponible) et l'adulte de 17 à 60 ans. En première approche, le GT a exclu le nourrisson et, en particulier, la voie de l'allaitement, en l'absence de données de la littérature relatives au bio-transfert des substances actives étudiées dans le lait maternel. Toutefois, le cas vraisemblable de l'enfant PICA a été retenu.

2.2.1- Exposition aiguë attribuable à la dérive par voie d'aéronef

a- Inhalation de gouttelettes en suspension dans l'air

$$\mathbf{Dose_{inh} = C_{air\ ext} \times TI \times D_{air} / PC}\ (\textit{eq 1})$$

Avec : $Dose_{inh}$ = dose par inhalation (mg/kg/j)
$C_{air\ ext}$ = concentration dans l'air extérieur (moyenne horaire dans l'heure qui suit la pulvérisation, en mg/m^3)
TI : taux d'inhalation (m^3/j)
D_{air} : fraction de la journée représentant une exposition (1h/24h - su)
PC : poids corporel (kg)

b- Exposition par voie cutanée

b1- aux gouttelettes en suspension dans l'air

$$\mathbf{Dose_{Cutair} = C_{air\ ext} \times T_{exp} \times Tc \times Sc \times Kp_{eau} / PC}\ (\textit{eq 2})$$

Avec : $Dose_{Cutair}$ = dose par contact cutané avec les gouttelettes en suspension dans l'air (mg/kg/j)
$C_{air\ ext}$ = concentration dans l'air extérieur (moyenne horaire dans l'heure qui suit la pulvérisation, en mg/m^3)
T_{exp} = durée de contact (= D_{air} exprimée en h/j)
Tc = nombre de contact par jour (1)
Sc = surface cutanée en contact : mains, pieds, jambes, bras, tête (m^2)
Kp_{eau}= coefficient de perméabilité cutanée (cm/h x 0,01 = m/h)
PC = poids corporel (kg)

b2- aux particules du sol

$$\mathbf{Dose_{Cutsol} = C_{sol} \times Sc \times Fadsp \times D_{air} / PC}\ (\textbf{\textit{eq 3}})$$

Avec : $Dose_{Cutsol}$ = dose par contact cutané avec les particules du sol (mg/kg/j)
C_{sol} = concentration dans le 1er cm de sol de surface le jour de la pulvérisation (mg/kg sol; on considère que la substance se répartit uniformément dans le 1er cm d'un sol de densité 1,5 g/cm^3)
Sc = surface cutanée – Enfants : bras, mains, pieds et jambes. Adultes : bras, mains (m^2)
Fadsp = facteur d'adhérence sol/peau (2,8 mg/cm^2 x 1.10^{-6} = 2,8 kg/m^2 d'après Paustenbach, 2000)
D_{air} : fraction de la journée représentant une exposition (1h/24h - su)
PC = poids corporel (kg)

b3- aux gouttelettes déposées sur le gazon

$$\mathbf{Dose_{Cgazon} = C_{surf} \times SC \times Dair \times fabscut \times F / PC}\ (\textbf{\textit{eq 4}})$$

Avec : $Dose_{Cgazon}$ = dose par contact cutané avec les gouttelettes déposées au sol (mg/kg/j)
C_{surf} = concentration déposée au sol le jour de la pulvérisation (µg/cm^2)
Sc = surface cutanée. Enfants : bras, mains, pieds et jambes. Adultes : bras, mains (cm^2)
D_{air} : fraction de la journée représentant une exposition (1h/24h - su)
Fabscut = fraction d'absorption cutanée (su)
F = facteur de conversion (0,001 mg/µg)
PC = poids corporel

<u>c- Ingestion</u>

Conformément à l'évaluation québécoise, le calcul de l'exposition par ingestion de fruits et légumes du potager (auto-consommation) sur lesquels se déposent des gouttelettes de pesticides requiert tout d'abord l'évaluation de la concentration retrouvée sur le végétal à cause du dépôt atmosphérique. « Les autres voies contribuant à l'accumulation de contaminant dans les végétaux (racines, transfert air-plante) n'ont pas été considérées à cause de la période de temps évaluée pour l'exposition aiguë, période trop courte pour permettre que ces phénomènes soient significatifs. » Il faut noter qu'il s'agit d'une évaluation comportant beaucoup d'incertitudes, en particulier lorsque le devenir de la substance sur ou dans la plante n'est pas connu. C'est le cas lorsque la substance n'est pas autorisée sur la culture. En effet, si la substance est transformée en métabolites, il est possible que leur toxicité ne soit pas évaluée et puisse être différente de celle de la substance; dans ce cas l'évaluation réalisée n'est pas pertinente.

c1 – autoconsommation de produits du potager

$$\mathbf{Dose_{autoconso} = Tiv \times Cvd \times FLv / PC}\ (\textbf{\textit{eq 5}})$$

Avec : $Dose_{autoconso}$ = dose par ingestion de végétal contaminé (mg/kg/j)
Tiv = taux d'ingestion du végétal v (kg poids sec/jour)
Cvd = concentration de contaminant dans le végétal (mg/kg poids sec)
FLv = fraction de consommation du végétal v d'origine locale (autoconsommation, su)
PC = poids corporel (kg)

Et : **$Cvd = ((C_{surf} \times FIv)/Kt \times Pv)) \times (1-Exp^{(-Kt \times Tv)})$ (*eq 6*)**

Avec : Cvd = concentration dans le végétal v découlant du dépôt atmosphérique (mg/kg poids sec)
C_{surf} = concentration déposée au sol le jour de la pulvérisation (µg/m^2)
FIv = fraction d'interception pour le végétal (su)
Kt = coefficient de perte ($jours^{-1}$)
Pv = production de la partie consommée du végétal v (g/m^2, en poids sec)
Tv = période de croissance avant la récolte du végétal (jours)

c2- Ingestion de particules

Hypothèses préalables :
- ingestion des particules = ingestion des particules du sol + ingestion des poussières intérieures en suspension
- 35 % de l'apport total provient des poussières
- 65 % provient des particules du sol
- [poussières] = ½ [sol] (par unité de masse)
- (pour ces trois derniers points, source : EFH, 1997)

$Dose = ((Csol \times Tipart \times 0{,}000001)/PC) \times (0{,}65 + (0{,}35 \times 0{,}5))$ (*eq 7*)

Avec : Dose = dose par ingestion de particules (mg/kg/j)
C_{sol} = concentration dans le 1er cm de sol de surface le jour de la pulvérisation (mg/kg sol)
Tipart = quantité journalière de particules ingérées (kg/j)
PC = poids corporel (kg)

Une modalité particulière d'exposition par ingestion de particules est également étudiée : le comportement PICA chez les enfants.

2.2.2- Exposition chronique attribuable à la dérive par voie d'aéronef

Hypothèses préalables :
- Est considérée comme voie d'exposition chronique majeure l'ingestion d'aliments d'origine locale ayant pu bio-accumuler des résidus de pesticides dans le sol au cours de la saison par la voie des racines. En revanche, n'est pas prise en compte la contribution par dépôt atmosphérique lors des journées de pulvérisation, dépôt qui, étalé sur l'ensemble des périodes sub-chroniques à chroniques, n'est pas considéré comme étant un contributeur significatif [INSPQ, 2002]. En effet, la plupart des produits ne persistent que quelques heures dans l'air : l'accumulation par transfert air-plante n'a donc pas été évaluée, pas plus que le dépôt atmosphérique les autres jours que ceux de pulvérisation (pris en compte par ailleurs dans les scénarios aigus). Cela explique aussi que l'inhalation et le contact cutané ne sont pas considérés dans ces scénarios d'exposition chronique. Toutefois, il s'agit aussi d'une simplification liée aux hypothèses du modèle utilisé (qui ne tient pas compte de l'évaporation des gouttes), qui peut être discutée : des réserves peuvent dors et déjà être émises au cas par cas, compte tenu des données disponibles pour certaines substances, en particulier les plus volatiles, qui pourraient persister dans l'air au-delà des journées de pulvérisation.
- Est enfin considérée l'ingestion de particules (hors comportement PICA qui relèverait davantage d'une exposition aiguë que chronique pour les substances considérées).

$$\mathbf{Dose_{autoconso} = TIv \times C_{vracine} \times FLv / PC} \ (\textit{eq 8})$$

Avec : $Dose_{autoconso}$ = dose par ingestion du végétal contaminé (mg/kg/j)
TIv = taux d'ingestion du végétal V (kg/j)
$C_{vracine}$ = concentration de contaminant dans le végétal résultant de l'accumulation par les racines (mg/kg de poids sec)
FLv = fraction de consommation du végétal d'origine locale (su)
PC = poids corporel (kg)

Et :

$$\mathbf{C_{vracine} = C_{surf} \times 38{,}73 \times Kow^{-0.578}} \ (\textit{eq 9})$$

Avec : C_{surf} = concentration dans les 20 premiers cm de sol de surface (mg/kg sol sec; on considère que la substance se répartit uniformément dans les 20 premiers cm d'un sol de densité 1,5 g/cm^3)
Kow : coefficient de partition octanol eau

La dose par ingestion des particules est calculée selon l'équation 7, tenant compte de la fréquence annuelle d'exposition (nombre de pulvérisations/an), variable entre les fongicides et les herbicides.

Rappel : en annexe 10 se trouve l'ensemble des paramètres quantitatifs d'exposition qui entrent dans les équations.

2.3- Caractérisation du risque

L'indice de risque (IR) est défini comme étant le rapport entre la dose d'exposition et la valeur toxicologique de référence. Ainsi, pour chaque substance :

- la somme des doses d'exposition aigues par contact cutané et par inhalation est rapportée à l'AOEL correspondante ; en l'absence de concentrations de référence pour certaines des substances concernées, aucun indice de risque spécifique par inhalation n'est calculé. Des concentrations auraient pu être transposées à partir des valeurs de référence disponibles pour l'ingestion (dérivation voie à voie) ; ceci est soumis à controverse et ajoute plus d'incertitudes qu'elle n'en résout. Le groupe a donc décidé de comparer l'exposition aigue par inhalation et contact cutané à l'AOEL et de s'en tenir à l'approche suivie dans les dossiers d'AMM;
- La somme des doses d'exposition aigues par ingestion est rapportée à l'ARfD ou la MRL correspondante ;
- La somme des doses d'exposition chroniques par ingestion est rapportée à la DJA, RfD ou à la MRL correspondante.

Le risque est considéré comme acceptable dans la mesure où l'exposition est inférieure à la VTR, c'est-à-dire lorsque le rapport (exposition/VTR) est < 1.

L'excès de risque individuel de cancer est estimé en multipliant l'ERU par la dose d'exposition. Ce calcul n'a pu être conduit que pour le folpel, comme le montrent les résultats suivants[19]. Le risque est considéré comme acceptable lorsque l'ERI obtenu est inférieur à la valeur repère de 10^{-5} « vie entière ».

[19] Ce résultat reflète uniquement l'approche EPA que le groupe reprend ici pour la faire figurer dans le rapport.

3- Résultats

On rappelle que les paramètres du calcul de l'exposition, y compris les données physico-chimiques, se trouvent en annexe 10.

L'annexe 11 regroupe tous les résultats de l'évaluation du risque sanitaire :

- Les tableaux d'identification des dangers et des VTR.
- Les tableaux des doses d'exposition obtenues pour l'enfant dans chacun des scénarios.
- Les tableaux des doses d'exposition obtenues pour l'adulte.
- Les tableaux des calculs du risque lié à l'exposition aiguë par contact cutané et par inhalation chez l'enfant et l'adulte respectivement.
- Les tableaux des calculs du risque lié à l'exposition aiguë par ingestion chez l'enfant et l'adulte respectivement.
- Les tableaux des calculs du risque lié à l'exposition chronique par ingestion chez l'enfant et l'adulte respectivement.

Les simulations de la dérive fournissent des résultats à 50 m et à 100 m. Les tableaux en annexe présentent les résultats obtenus à 50 m, c'est-à-dire les plus pénalisants du point de vue de l'exposition à l'extérieur de la zone épandue. Ces résultats étant acceptables du point de vue du risque sanitaire, ceux obtenus à partir de la dérive à 100 m ne sont pas présentés. On rappelle que le cas des bananes a fait l'objet de simulations de la dérive particulières, du fait de la plus grande incertitude sur les résultats obtenus avec Agdrift, dont le groupe a discuté les limites d'application. Les deux derniers tableaux de l'annexe 11 résument l'ensemble des résultats énumérés ci-dessus pour le cas particulier du scénario Martinique-Bananes. Ceux-ci sont obtenus d'après la condition 3 de simulation de la dérive dans le cas du scénario Martinique-Bananes, c'est-à-dire la plus pénalisante. Ces résultats étant acceptables du point de vue de l'impact sanitaire, les résultats obtenus d'après la condition 2 (moins pénalisante) ne sont pas présentés.

4- Conclusion

En conclusion, sur la base 1- des scénarios contextuels identifiés comme représentatifs de l'épandage aérien en France, 2- des hypothèses de simulation de la dérive et 3- des choix relatifs aux scénarios d'exposition aigus et chroniques retenus pour dérouler la démarche d'évaluation du risque sanitaire, la dérive à 50 m liée à l'épandage aérien de substances actives à usage de protection des végétaux ne présente pas de risque significatif pour la santé des populations environnantes. En effet, les indices de risque restent inférieurs à 1 et l'excès de risque individuel calculé pour le folpel est inférieur à 10^{-5}. Cette conclusion est discutée dans le chapitre 5.

D- Evaluation du risque des écosystèmes

1- Introduction générale

Les principes d'évaluation des risques retenus dans cette étude sont ceux développés dans le cadre des processus européens d'autorisation de mise sur le marché des produits phytosanitaires. Les travaux s'appuient donc sur les principes définis dans la Directive 91/414/CEE et les méthodologies reprises dans le document d'aide à l'évaluation du risque environnemental des préparations phytosanitaires élaborées dans le cadre de la Commission d'étude de la toxicité qui renvoie aux documents de la DG Sanco (http://www.versailles.inra.fr/ssm/).

2- Principe

La caractérisation des risques pour les organismes sauvages repose sur la comparaison d'une concentration estimée d'exposition (PEC) et d'une concentration prévisible sans effets pour les organismes sauvages (PNEC).

2.1- L'identification des dangers

La PNEC est définie comme la concentration prévisible sans effet, déterminée à partir des données de toxicité obtenues dans des conditions expérimentales variées:

Organismes aquatiques et terrestres:	Tests de toxicité aiguë au laboratoire Tests de toxicité chronique au laboratoire Etudes de terrain
Organismes aquatiques:	Tests de toxicité aiguë au laboratoire Tests de toxicité chronique au laboratoire Cosmes
Arthropodes non visés et vers de terre:	Tests de toxicité aiguë au laboratoire Tests de toxicité chronique au laboratoire Etudes de terrain

Les effets sur les organismes aquatiques sont évalués à partir d'essais conduits sur des représentants de divers groupes d'organismes tels que les poissons, les invertébrés de la colonne d'eau et du sédiment, les algues et les plantes aquatiques.
En ce qui concerne les organismes du sol, les essais portent principalement sur l'annélide *Eisenia fetida*.
Les effets sur les arthropodes non visés sont évalués en premier lieu à partir d'essais sur des espèces représentatives pour leur sensibilité, qui sont un acarien prédateur *Typhlodromus pyri* et un hyménoptère parasitoïde *Aphidius rhopalosiphi*. Des essais sur d'autres espèces ainsi que des suivis de populations sur le terrain viennent compléter ces données dans le cas où un risque est identifié pour une des espèces représentatives.

Les oiseaux, les mammifères et les abeilles n'ont pas fait l'objet d'une évaluation des risques dans le cadre de cette saisine. En effet, pour ces organismes, comme pour les organismes du sol par ailleurs, le risque est évalué "en champ" et doit être acceptable "en champ". La notion de distance par rapport à la parcelle traitée (le champ) n'est donc pas pertinente. Néanmoins, à titre de comparaison, nous avons intégré les vers de terre, en tant que représentants des organismes du sol, dans l'évaluation des risques écotoxicologiques

réalisées dans le cadre de cette saisine et ce afin de disposer d'un "témoin" constitué par un groupe d'organismes pour lequel les risques devraient, à 50 mètres, être toujours acceptables puisqu'ils doivent l'être "en champ".

Les données de toxicité sont affectées de facteurs de sécurité prenant en compte la variabilité inter spécifique, l'extrapolation de l'aigu au long terme et l'extrapolation de l'échelle du laboratoire au terrain.
Les facteurs de sécurité utilisés tiennent compte de la variabilité inter spécifique de la sensibilité à l'item de test, ainsi que de la capacité du paramètre mesuré à représenter un impact potentiel au niveau de la population (tableau 12) correspondent aux seuils fixés par la directive 91/414/CEE dans ses principes uniformes.

Tableau 12 : Facteurs de sécurité utilisés pour calculer les PNEC en fonction de la cible à protéger et de la nature des essais.

Cible	Nature des données de toxicité	Facteur de sécurité
Organismes aquatiques	Aigu poissons ou invertébrés	100
	Chronique poissons ou invertébrés	10
	Croissance algues ou plantes	10
	Cosme	1 à 5
Organismes du sol	Aigu	10
	Chronique	5
	Essai sur le terrain	1
Arthropodes non visés	Etude au laboratoire	10
	Essai sur le terrain	5

En ce qui concerne l'origine des données, deux cas sont à considérer :

-la PNEC a déjà été déterminée et validée par la Commission d'étude de la toxicité auquel cas elle a été reprise dans la base de données Agritox et dans cette étude, ceci concerne uniquement certaines PNEC aquatiques;
-la PNEC a été calculée dans le cadre de la saisine, à partir des données de toxicité recensées :

- dans la base Agritox,
- dans le dossier européen (pour les substances non inscrites à l'annexe I de la Directive 91/414/CEE, dans la monographie, un addendum à la monographie, la liste des « endpoints » la plus récente, et pour les substances inscrites, dans le rapport de synthèse). Ceci concerne l'ensemble des PNEC pour les organismes du sol et les arthropodes non visés, ainsi que les PNEC aquatiques non définies par la Commission d'étude de la toxicité

et des facteurs de sécurité précédemment présentés.

2.2- La concentration prévisible d'exposition

La PEC est la concentration prévisible d'exposition. Elle est établie à partir de la dose d'emploi au champ, affectée de facteurs de transfert et de dilution dans les milieux récepteurs extérieurs au champ.
Le facteur de transfert est un pourcentage de dérive qui dans le cas présent est évalué à l'aide du modèle Agdrift (cf chapitre correspondant), exprimé en pourcentage de la dose à l'hectare.
Le facteur de dilution prend en compte le volume du milieu récepteur.

Les calculs des PEC correspondent aux formules suivantes:

Pour l'eau de surface on considère la dérive dans un plan d'eau de même surface (effet de bordure) c'est-à-dire de 1 hectare et de 30 cm de profondeur:

$$\textbf{PECeau de surface} = \frac{Da \times Ft}{v}$$

Avec : PECeau de surface = concentration prévisible dans l'eau de surface (calculée en g/m^3 et exprimée en µg/L)
Da = dose appliquée (en g/ha)
Ft = facteur de transfert : taux de dérive au point considéré
v = volume du plan d'eau (soit 3 000 m^3)

Pour le sol, la substance se réparti dans les 5 premiers cm de profondeur, pour un sol d'une densité de 1,5 g/cm^3:

$$\textbf{PECsol} = \frac{Da \times Ft}{m}$$

Avec : PECsol = concentration prévisible dans le sol (calculée en g/kg sol et exprimée en mg/kg sol)
Da = dose appliquée (en g/ha)
Ft = facteur de transfert : taux de dérive au point considéré
m = masse de 1 ha de sol dans laquelle la substance se répartit (soit (10000m^2 x 0.05 m de profondeur du sol x densité du sol (kg/m^3))

Dans le cas des arthropodes non visés, l'exposition ayant lieu aussi bien sur la surface du sol que dans la strate végétale, c'est la dose appliquée à l'hectare affectée du seul facteur de transfert qui est considérée comme la plus représentative de l'exposition:

$$\textbf{Exposition} = Da \times Ft$$

Avec : Exposition = exposition (g/ha)
Da = dose appliquée (en g/ha)
Ft = facteur de transfert : taux de dérive au point considéré

Dans le cadre de cette saisine, les PEC ont été calculées sur la base d'une seule application du produit sur la culture considérée.

2.3- Caractérisation du risque

Le risque est défini comme étant le rapport entre la PEC et la PNEC, celui-ci est évalué pour les trois cibles suivantes:
- organismes aquatiques
- organismes du sol
- arthropodes non visés.

Le risque est considéré comme acceptable dans la mesure où l'exposition est inférieure au seuil d'effets, c'est-à-dire lorsque le rapport PEC/PNEC est < 1.

3- Résultats

Dans le cadre de cette saisine, les risques pour les différentes cibles considérées ont été évalués à 50 et 100 mètres des cultures sur lesquelles les produits sont épandus. Un total de

42 scénarios a été pris en considération, un scénario étant défini ici comme un couple (substance active x culture).
En préambule, nous attirons l'attention du lecteur sur la spécificité des organismes indésirables visés par les traitements en fonction des cultures. Ainsi, l'essentiel des traitements appliqués sur vigne correspond à des traitements fongicides, tandis que le maïs et le maïs doux font essentiellement l'objet de traitements insecticides (13 scénarios sur les 17 présentés).
Comme pour l'évaluation du risque sanitaire, les résultats d'exposition et de risque concernant les bananes sont présentés à part, dans des tableaux résumés pour les 3 cibles considérées.

L'annexe 12 regroupe tous les résultats de l'évaluation du risque écotoxicologique :

- Les tableaux regroupant les PNEC.
- Les tableaux des doses d'exposition (PEC) obtenues pour chaque cible (organismes aquatiques, vers de terre et arthropodes non visés).
- Les tableaux des calculs du risque.

Seule l'analyse des résultats, au sein de tableaux récapitulatifs, est conservée dans le corps de texte, pour chacune des 3 cibles.

3.1- Organismes aquatiques

Une analyse des résultats pour les organismes aquatiques, par culture, est proposée dans le tableau 13 suivant:

Tableau 13 : Pourcentages de couples (culture x substance)* pour lequel le risque est acceptable à 50 ou 100 m.

Scénario	Pourcentage de couples pour lesquels le risque pour les organismes aquatiques est acceptable à 50 m	Pourcentage de couples pour lesquels le risque pour les organismes aquatiques est acceptable à 100 m
Guyane-riz	50	50
Champagne-vigne	47	67
Midi-Pyrénées-maïs	18	18
Aquitaine-maïs doux	17	33
Tous scénarios confondus	*35*	*45*

*cf. tableau 7

D'une manière générale, tous scénarios confondus, le risque calculé pour les organismes aquatiques, calculé pour une distance de 50 mètres, apparaît comme acceptable dans seulement 35% des cas étudiés. A titre comparatif, le risque calculé pour une distance de 100 mètres apparaît comme acceptable dans 45% des cas étudiés, soit une différence somme toute assez faible. Ceci apparaît également lors de l'analyse des résultats scénario par scénario.

A la distance de 50 mètres questionnée dans la saisine, aucun des scénarios ne peut être considéré comme acceptable. En effet, dans le meilleur des cas le risque n'est acceptable que pour 50% des couples considérés (résultats pour Guyane-riz).

3.2- Organismes du sol

Une analyse des résultats pour les vers de terre, par culture, est proposée dans le tableau 14 suivant:

Tableau 14 : Pourcentages de couples (culture x substance)* pour lequel le risque est acceptable à 50 ou 100 m

Scénario	Pourcentage de couples pour lesquels le risque pour les vers de terre est acceptable à 50 m	Pourcentage de couples pour lesquels le risque pour les vers de terre est acceptable à 100 m
Guyane-riz	100	100
Champagne-vigne	100	100
Midi-Pyrénées-maïs	100	100
Aquitaine-maïs doux	100	100
Tous scénarios confondus	*100*	*100*

*cf. tableau 7

Dans tous les scénarii envisagés, le risque vis-à-vis des organismes du sol est appréhendé au travers du ver *Eisenia fetida.*

3.3- Arthropodes non visés

Une analyse des résultats pour les arthropodes non visés, par culture, est proposée dans le tableau 15 suivant:

Tableau 15 : Pourcentages de couples (culture x substance)* pour lequel le risque est acceptable à 50 ou 100 m

Scénario	Pourcentage de couples pour lesquels le risque pour les arthropodes non visés est acceptable à 50 m	Pourcentage de couples pour lesquels le risque pour les arthropodes non visés est acceptable à 100 m
Guyane-riz	20	20
Champagne-vigne	87	93
Midi-Pyrénées-maïs	20	40
Aquitaine-maïs doux	20	20
Tous scénarios confondus	*48*	*57*

*cf. tableau 7

Pour 5 couples « substance-culture » l'évaluation des risques n'a pu être réalisée du fait de l'absence de données d'écotoxicité vis-à-vis des arthropodes non visés. Dans quatre cas les substances actives concernées sont sur la 3ème liste de révision et en principe les données ont du être déposées auprès des Etats membres rapporteurs. Ces données seront mises à disposition de l'ensemble des Etats membres lors de la soumission des projets de monographie par les Etats membres rapporteurs courant 2005-2006. Dans le cas du 2,4 MCPA, les données d'écotoxicité vis-à-vis des arthropodes non visés ont été requises auprès du notifiant par l'Etat membre rapporteur, mais ne sont pas disponibles à ce jour, à notre connaissance.

Sur les 37 couples analysés, 14 ont un rapport PEC/PNEC supérieur à la valeur indiquée dans le tableau. Ceci est lié au fait que les PNEC correspondantes sont en réalité inférieures aux valeurs annoncées. Pour ces substances en effet, les essais disponibles n'ont pas

permis de définir de valeur de PNEC, en particulier parce que lors des essais, des effets ont été observés aux doses maximales d'exposition testées. Ces substances sont en phase de ré-éexamen et les jeux de données dont nous disposons sont incomplets. Ceci correspond à des "faux négatifs" potentiels, se traduisant par une diminution du risque apparent, dans 5 cas sur les 14 à 50 mètres et 3 cas sur les 14 à 100 mètres.

D'une manière générale, tous scénarios confondus, le risque calculé pour une distance de 50 mètres apparaît comme acceptable dans seulement 48% des cas étudiés. A titre comparatif, le risque calculé pour une distance de 100 mètres apparaît comme acceptable dans 57% des cas étudiés, soit une différence somme toute assez faible. Ceci apparaît également lors de l'analyse des résultats scénario par scénario.

A la distance de 50 mètres questionnée dans la saisine, aucun des scénarios ne peut être considéré comme acceptable. Cela étant, le scénario Champagne-Vigne semble constituer un groupe particulier puisque le risque est acceptable dans 87% des cas à 50 mètres, contre 20% pour les autres scénarios.

Les deux derniers tableaux de l'annexe 12 résument les résultats d'exposition et de risque pour le scénario DOM-bananes dans la condition 3 et la condition 2 de simulation de la dérive (cf. tableau 10), respectivement. Le calcul des PEC est identique pour les 2 substances concernées. Les calculs pour la condition 2 ne concernent pas les vers de terre pour lesquels le rapport PEC/PNEC est acceptable dès la condition 3.

4- Conclusion

Tous scénarios confondus, à 50 mètres, distance questionnée dans le cadre de cette saisine, le risque est acceptable (en regard des valeurs repère classiquement admises) dans seulement 35 à 50 % des cas selon l'organisme, tandis qu'il l'est dans seulement 45 à 60% des cas pour une distance de 100 mètres. On constate que l'augmentation de la distance "de sécurité" de 50 à 100 mètres n'est pas de nature à constituer une protection significativement plus efficace pour les organismes sauvages considérés.

En fonction du scénario, il apparaît que les traitements en maïs et maïs doux sont ceux qui entraînent les risques les plus importants et les plus fréquents alors qu'à l'inverse, les traitements en vigne sont ceux qui entraînent les risques les moins importants et les moins fréquents.
Une première analyse de ces résultats fait apparaître la prédominance des insecticides dans les traitements concernés sur cultures de maïs (13 traitements insecticides sur les 17 couples étudiés); tandis que sur vigne, les traitements majoritaires concernent des fongicides (14 couples sur les 15 étudiés).

L'ensemble des traitements possibles par voie aérienne n'a pas été considéré, puisque à l'exception des bananeraies, les traitements sur canopée (arboriculture, forêts) n'ont pas été inclus dans les scénarios retenus.

A la lumière des travaux réalisés, bien qu'incomplets, il apparaît que l'idée de déterminer une distance de protection unique pour tous les scénarios possibles de traitements aériens est difficilement envisageable. Une distance de protection ne peut être déterminée qu'au cas par cas après évaluation des risques des produits phytosanitaires pour un usage agricole[20] spécifique par mode d'aéronef.

---

[20] On rappelle qu'un usage est matérialisé par une association « végétal ou famille de végétaux – mode de traitement – maladie ou ravageur visé » ou une culture – intervention phytosanitaire. Il se rattache à une culture.

E- Discussion des principaux résultats

En préambule, le groupe de travail souhaite insister sur le fait que :

- les scénarios contextuels retenus ne sont pas exhaustifs mais sont considérés comme représentatifs ; il est néanmoins délicat d'extrapoler les résultats obtenus à des situations d'épandage aérien qui différeraient drastiquement des cas étudiés soit par les moyens utilisés pour l'épandage soit par la situation des individus ou organismes non visés (dont l'exposition a été étudiée spécifiquement au(x) point(s) de dérive à 50 m et/ou à 100 m, ce qui exclut donc les individus ou organismes non visés du champ).
- Dans le cadre de l'évaluation, la toxicité et l'écotoxicité des produits sont considérées principalement par l'entrée substances actives, prises une à une, ce qui est une exigence de la directive 91/414/CE pour l'évaluation. On note toutefois que l'on dispose d'informations sur les préparations dans le dossier toxicologique (applicateur et absorption dermale, par exemple) et que les arthropodes non visés ont été évalués à partir des données sur les préparations. Ce point n'est pas spécifique de l'épandage aérien. Le cas des mélanges sera repris dans les conclusions.
- L'ensemble des paramètres utilisés pour les évaluations de l'exposition devrait faire l'objet d'une analyse de sensibilité. Néanmoins, le groupe s'est attaché à sélectionner par défaut des valeurs « habituellement » utilisées en recherchant les plus adaptées lorsqu'elles étaient disponibles. Ainsi, les valeurs nationales, voire régionales (par exemple, pour le régime alimentaire), ont été systématiquement préférées aux valeurs américaines. Les quelques tests conduits lors des simulations montrent que ce ne sont pas ces paramètres qui font le plus varier les résultats.

La donnée la plus sensible dans les évaluations de risque reste donc la donnée d'entrée commune aux aspects sanitaires et écotoxicologiques : l'estimation de la dérive. Les simulations qui ont été réalisées pour dérouler les évaluations de risque fournissent des résultats jugés par le groupe « raisonnablement majorants ». Des hypothèses « minorantes » et « majorantes » ont toutefois été choisies afin d'étudier l'impact de la dérive sur l'estimation des risques.

1- La dérive : analyse de sensibilité des paramètres et calcul d'intervalle

Compte tenu de la diversité des situations, le groupe de travail a procédé par analyse de scénarios afin de discriminer les différents types d'épandage. Pour chaque scénario, le choix d'un seul jeu de paramètres ne peut toutefois représenter correctement la variabilité et/ou l'incertitude des situations réelles. C'est pourquoi il a été décidé de procéder à une analyse de sensibilité pour déterminer les paramètres les plus influents puis à un calcul d'intervalle pour encadrer les résultats médians.

L'analyse de sensibilité réalisée par la Spray Drift Task Force (SDTF) a tout d'abord été étudiée. Dans cette analyse, une variation de chaque paramètre de + ou - 10% permet de déterminer ceux qui ont le plus d'influence sur les résultats.
Ensuite pour les scénarios de notre étude, des calculs d'intervalle ont été réalisés afin d'encadrer les valeurs calculées pour chaque scénario. Les valeurs minimales et maximales de chaque paramètre ont été déterminées en fonction de leur variabilité et de l'incertitude associée. Les résultats étant proches pour chaque substance dans un même scénario, le calcul d'intervalle a été réalisé pour une seule substance sélectionnée (celle qui conduit au plus fort taux de dépôt).

1.1- L'analyse de sensibilité réalisée par la SDTF

Les auteurs fournissent une étude de sensibilité dans le guide technique du modèle [Teske, 2002b]. Cette analyse est effectuée avec le niveau 2 du modèle, en mode agricole (cf. annexe 6). Les paramètres analysés varient de 10% autour de leur valeur par défaut. 10 paramètres sont analysés pour 4 distributions de taille des gouttelettes :

- La hauteur de la rampe
- La longueur de la rampe
- La fraction non-volatile
- Le nombre de lignes de traitement
- L'humidité relative
- L'étendue relative de la distribution de taille des gouttelettes : $(Dv_{0,9}-Dv_{0,1})/Dv_{0,5}$
- La largeur d'une ligne de traitement
- La température
- Le diamètre médian des gouttelettes
- La vitesse du vent

Les observations sont les suivantes :

- Les plus grandes variations sont liées aux variables qui contrôlent la forme et le contenu de la distribution de la taille des gouttelettes.
- Vient ensuite la hauteur de la rampe, avec une importance plus significative dans le cas des distributions « moyenne à large » et « large à très large ».
- La longueur de la rampe induit aussi une variation significative des dépôts à une distance inférieure à 600m, ce qui suggère qu'un changement dans la longueur de la rampe va affecter le choix de la zone tampon.
- La température et l'humidité relative entraînent de faibles variations au delà de 600m, où les différences des conditions ambiantes vont affecter les taux d'évaporation.
- Le nombre de lignes de traitement, la largeur d'une ligne et la vitesse du vent entraînent de faibles variations, ce qui indique une contribution majeure des premières lignes de traitement.
- La fraction non-volatile n'a pas d'influence.

Les auteurs classent ainsi les paramètres par ordre d'influence dans leur analyse :

- Le diamètre médian des gouttelettes,
- L'étendue relative de la distribution de taille des gouttelettes
- La hauteur de la rampe
- La vitesse du vent
- La longueur de la rampe
- L'humidité relative
- La température
- La fraction non-volatile

Les paramètres qui contrôlent la distribution des gouttelettes sont donc les plus influents.

La dérive augmente avec :

- L'augmentation de la hauteur et de la longueur de la rampe
- L'augmentation de l'étendue relative de la distribution de la taille des gouttes
- L'augmentation de la température et de la vitesse du vent
- La diminution de la fraction non volatile
- La diminution de l'humidité relative
- La diminution du diamètre médian des gouttelettes

Toutefois, dans cette étude, la vitesse du vent augmente la largeur entre les lignes de passage et le décalage par rapport au bord du champ ce qui masque probablement le réel effet de ce paramètre. Il est reconnu que c'est un paramètre majeur dans la dérive totale.

Par ailleurs, dans cette analyse la vitesse du vent varie de 4 à 4,9 m/s ce qui est relativement faible par rapport à la gamme réelle des valeurs possibles.

1.2- Calcul des intervalles sur le taux de dépôt pour chaque scénario

Compte tenu des indications fournies par l'analyse de sensibilité, les valeurs initialement retenues ont été encadrées par deux autres valeurs ou lorsque cela était sans objet par une seule valeur (par exemple, pour une hauteur de végétation nulle). Pour chaque scénario, ces calculs n'ont été réalisés que pour une seule substance: celle qui correspondait au plus fort taux de dépôt à 50 m avec les paramètres initiaux. Les paramètres pour lesquels un intervalle sur le résultat du taux de dépôt a été calculé sont la température, l'humidité relative, la vitesse du vent, la hauteur de la rampe, la hauteur de la canopée, la longueur de la rampe, le taux d'évaporation. Les valeurs ont été choisies en essayant de rester dans les variations possibles, toutefois il est clair que certaines d'entre elles ne sont pas représentatives de bonnes pratiques d'épandage.
Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous (Tableau 16). Les figures 3 à 6 présentent les différents taux obtenus pour chaque scénario.

Par ailleurs, l'influence majeure de la distribution des gouttelettes et la discussion sur celle d'un terrain en pente sont également reprises dans les chapitres suivants.

Note : Aucun calcul d'intervalle sur le taux de dépôt n'a été réalisé par rapport à la fraction non volatile car cela a déjà été fait par l'intermédiaire de la modélisation de chaque substance.

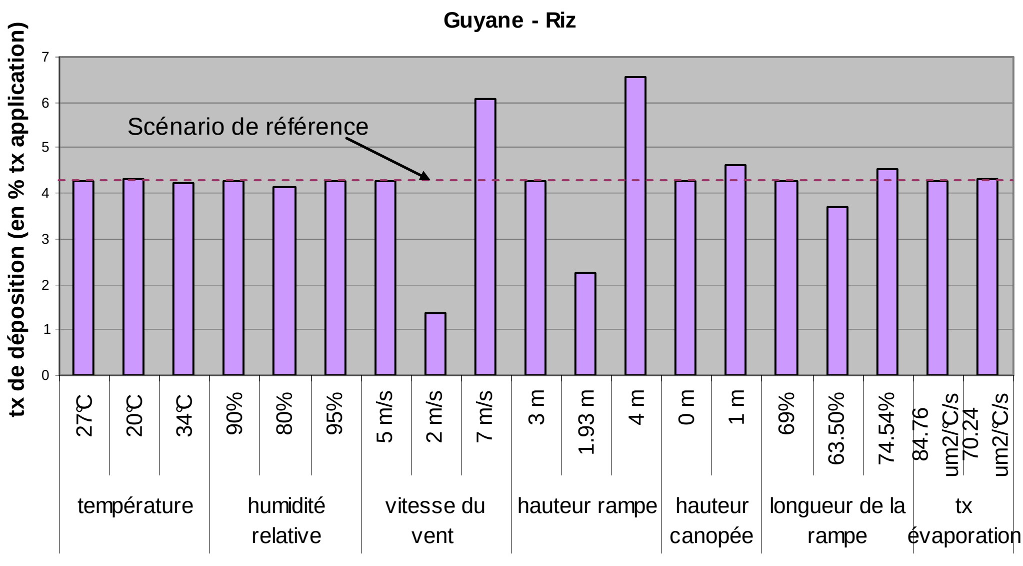
Tableau 16 : Calculs d'intervalle sur le taux de dépôt pour chaque scénario

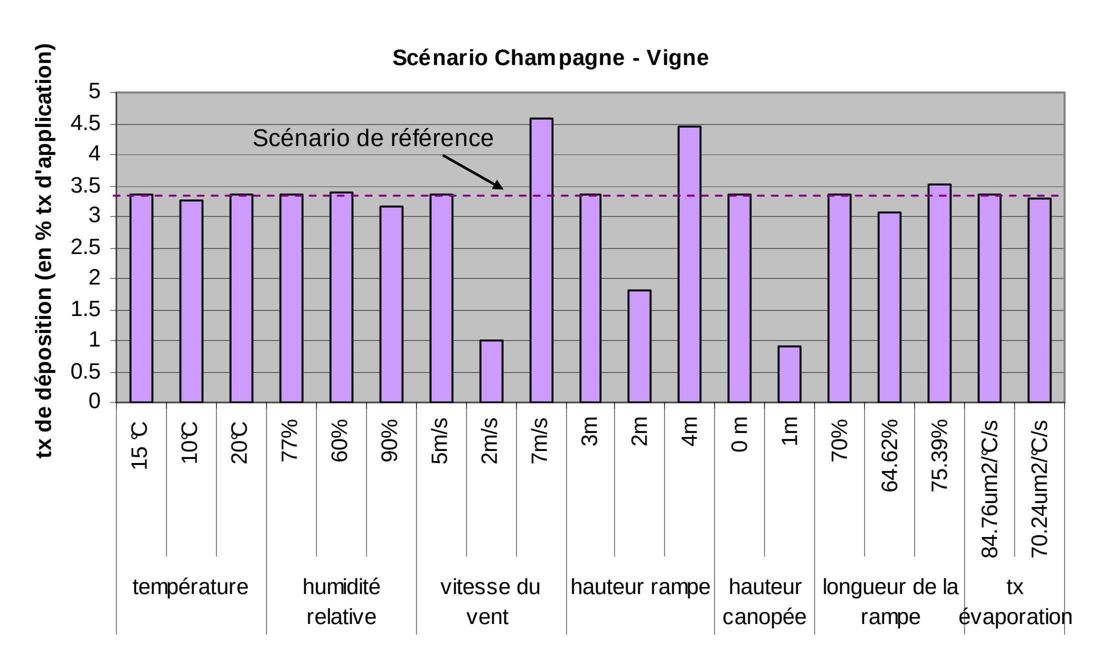
Scénario	Substance	Dose (kg/ha)	Support	Paramètre	valeur scénario	valeur min	valeur max
DOM-Bananes	propiconazole	0.35	huile	Vitesse du vent (m/s) (C2)	5	2	7
				dépôt en %	1,05	0,05	2,72
				Vitesse du vent (m/s) (C3)	5	2	7
				dépôt en %	6,31	1,94	8,64
				Longueur de la rampe (m)	70	64,62	75,39
				dépôt en % (C2)	1,05	0,88	1,03
				Longueur de la rampe (m)	70	64,62	75,39
				dépôt en % (C3)	6,31	5,95	6,7
Guyane-Riz	carbaryl	1.7	eau	Température (°C)	27	20	34
				dépôt en %	4.27	4.3	4.21
				Humidité relative (%)	90	80	95
				dépôt en %	4.27	4.16	4.29
				Vitesse du vent (m/s)	5	2	7
				dépôt en %	4.27	1.36	6.08
				Hauteur rampe (m)	3	1.93	4
				dépôt en %	4.27	2.24	6.57
				Hauteur canopée (m)	0	1	s.o.
				dépôt en %	4.27	4.63	
				Longueur de la rampe (m)	69	63.5	74.54
				dépôt en %	4.27	3.68	4.54
				Tx évaporation (μm^2/°C/s)	84.76	70.24	
				dépôt en %	4.27	4.3	
Champagne-Vigne	fosétyl-aluminum	1.884	eau	Température (°C)	15	10	20
				dépôt en %	3.35	3.27	3.34
				Humidité relative (%)	77	60	90
				dépôt en %	3.35	3.39	3.15
				Vitesse du vent (m/s)	5	2	7
				dépôt en %	3.35	1.01	4.59
				Hauteur rampe (m)	3	2	4
				dépôt en %	3.35	1.82	4.46
				Hauteur canopée (m)	0	1	
				dépôt en %	3.35	0.89	
				Longueur de la rampe (%)	70	64.62	75.39
				dépôt en %	3.35	3.05	3.52
				Tx évaporation (μm^2/°C/s)	84.76	70.24	
				dépôt en %	3.35	3.28	
Midi-Pyrénées- Mais	lambda-cyhalothrine	0.023	eau	Température (°C)	22	15	29
				dépôt en %	3.44	3.24	3.71
				Humidité relative (%)	70	60	80
				dépôt en %	3.44	3.6	3.13
				Vitesse du vent (m/s)	5	2	7
				dépôt en %	3.44	2.08	6.27
				Hauteur rampe (m)	4	3	5
				dépôt en %	3.44	3.75	4.99
				Hauteur canopée (m)	2	1	2.5
				dépôt en %	3.44	9.8	2.97
				Longueur de la rampe (%)	70.01	64.62	75.39
				dépôt en %	3.44	1.96	3.71
				Tx évaporation (μm^2/°C/s)	84.76	70.24	
				dépôt en %	3.44	3.23	

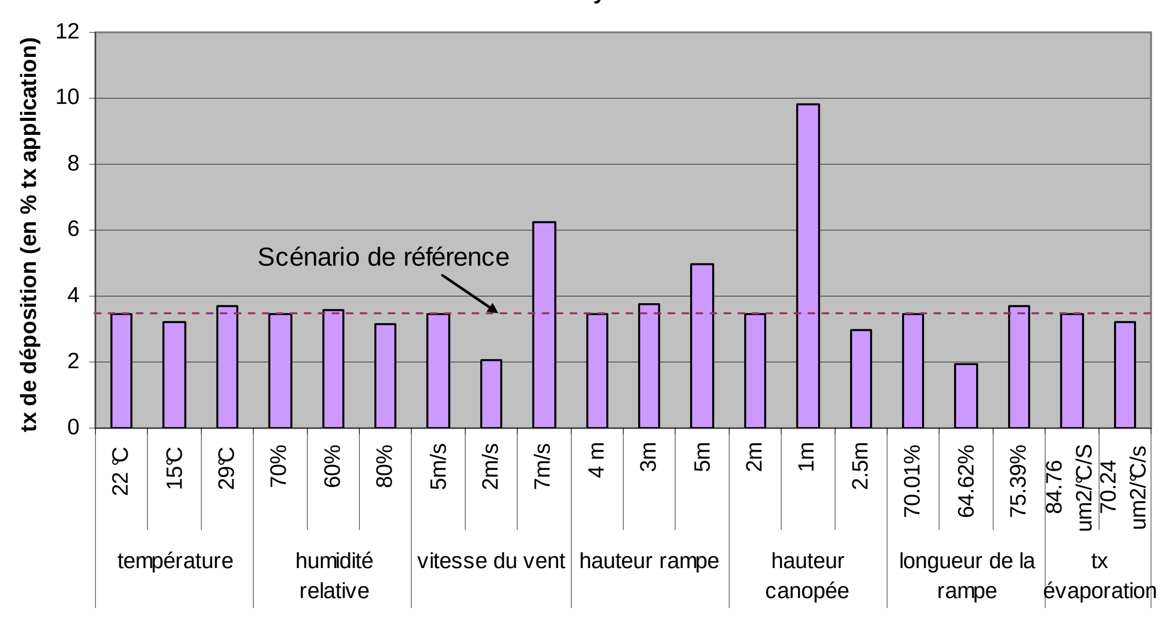
Scénario	Substance	Dose (kg/ha)	Support	Paramètre	valeur scénario	valeur min	valeur max
Aquitaine-Mais	cyperméthrine	0.05	eau	Température (°C)	22	15	29
				dépôt en %	3.21	3.09	3.3
				Humidité relative (%)	78	60	90
				dépôt en %	3.21	3.58	2.71
				Vitesse du vent (m/s)	5	2	7
				dépôt en %	3.21	2.04	6
				Hauteur rampe (m)	4	3	5
				dépôt en %	3.21	3.35	4.51
				Hauteur canopée (m)	2	1	2.5
				dépôt en %	3.21	10.56	2.83
				Longueur de la rampe (%)	70.01	64.62	75.39
				dépôt en %	3.21	1.87	3.02
				Tx évaporation (µm²/°C/s)	84.76	70.24	
				dépôt en %	3.21	3.06	

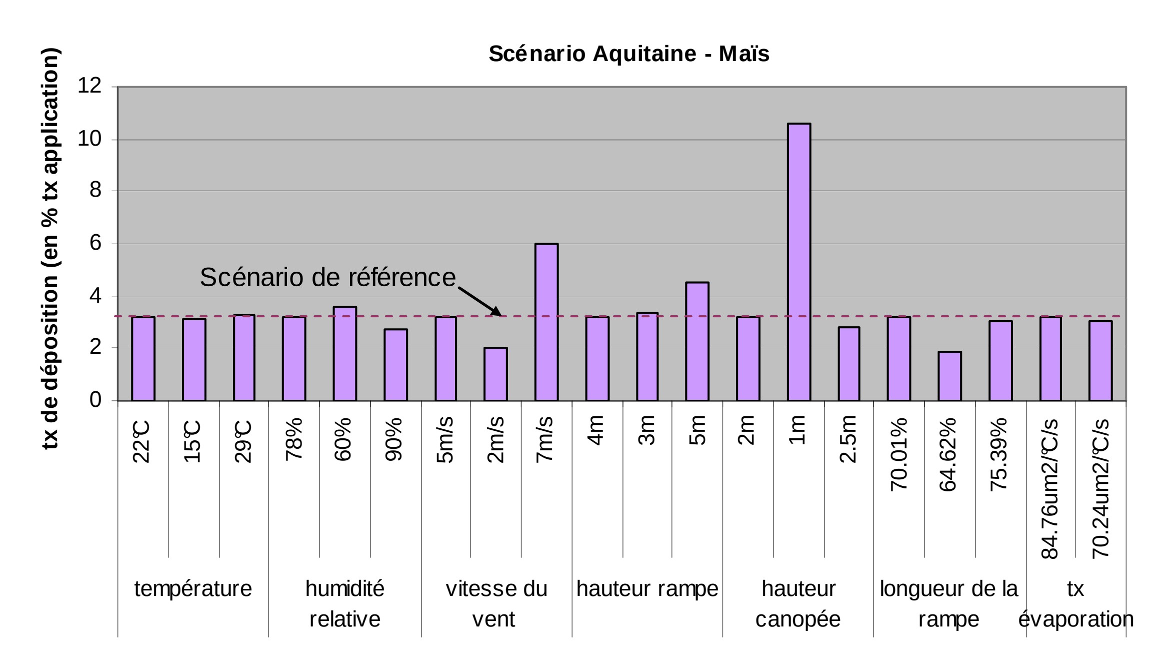
Rappel : Pour le scénario DOM-Bananes, deux conditions notées C2 et C3 ont été retenues pour la hauteur de la canopée.

Figures 3 à 6 : Influence des divers paramètres sur le taux de dépôt à 50 m









N.B. : Le scénario de référence est le scénario avec les valeurs initiales.

1.2.1- Influence de la température et de l'humidité relative

Les températures ont été sélectionnées à partir des moyennes mensuelles de Météo-France par département. Il est possible que ces températures surestiment la température réelle, les épandages étant réalisés de préférence en matinée.
En faisant varier ces paramètres, les variations obtenues sur le taux de dépôt à 50 m ne sont pas de grande amplitude, même si on remarque que des taux d'humidité élevés minimisent la dérive (ce qui confirme qu'il y a tout intérêt à traiter le matin).
En Guyane, le taux de dépôt à 50 m est légèrement moindre pour un taux d'humidité de 80% que pour 90%. En revanche, la dérive globale reste supérieure lorsque l'humidité relative diminue.

1.2.2- Influence du taux d'évaporation

Dans l'article de Teske [2002a], il est spécifié que les tests effectués par la SDTF prennent en compte un taux d'évaporation du support inférieur à 84,76 μm^2/℃/s à cause du flux d'air sur la gouttelette. En effet, lorsque ce taux est implémenté dans Agdrift, cela conduit à des résultats de modélisation plus proches des essais de terrain. C'est pourquoi ce taux d'évaporation a aussi été utilisé pour les scénarios dans lesquels le support est de l'eau.
Les résultats montrent toutefois une influence négligeable sur le dépôt à 50 m. Cela semble lié à l'importance de l'humidité relative. C'est pourquoi Teske [2003] propose une correction du taux d'évaporation qui prend en compte d'une part la température de la gouttelette (qui peut être différente de la température ambiante) et, d'autre part, l'humidité relative à proximité des gouttelettes (qui est plus élevée que l'humidité relative ambiante). Ces corrections font que les prévisions sont mieux corrélées aux mesures. Elles ne sont toutefois pas mises en oeuvre dans la version du modèle Agdrift qui a été utilisée.

1.2.3- Influence de la hauteur de la rampe

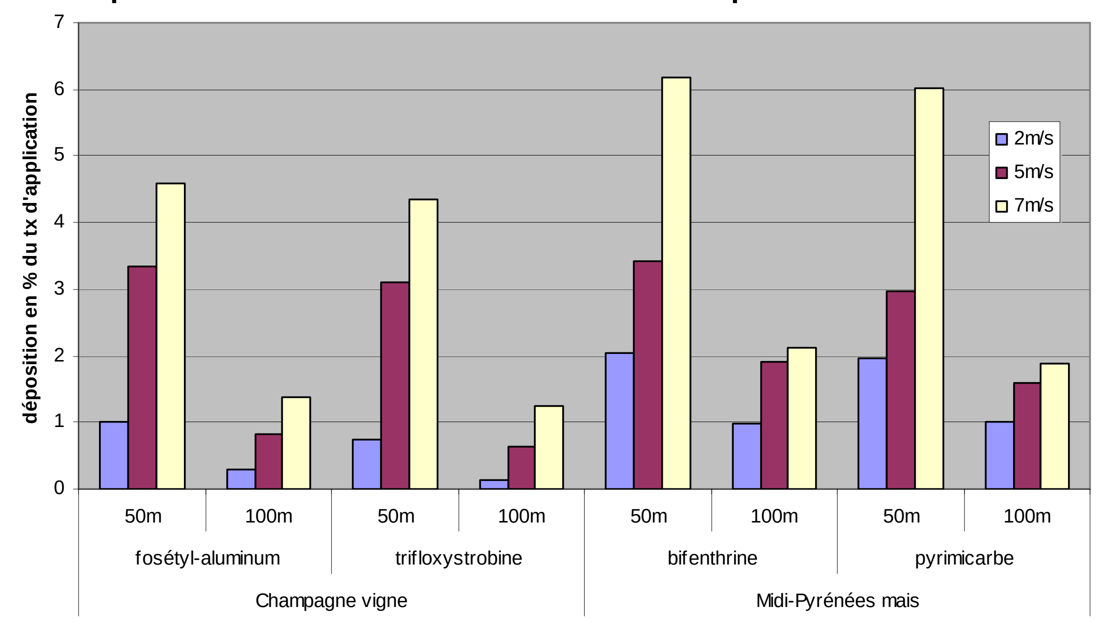
La hauteur de la rampe est un paramètre très sensible selon la Spray Drift Task Force. Les résultats obtenus confirment que parmi tous les paramètres testés la hauteur à laquelle s'effectue l'épandage au dessus du champ est très influente sur le dépôt à 50 m.

1.2.4- Influence de la vitesse du vent

Pour chaque scénario, des vitesses de vent de 2, 5 et 7m/s ont été testées ; ce paramètre apparaît bien comme l'un des plus influents. Par ailleurs, on constate que la vitesse de vent a plus d'influence sur les gouttelettes plus grosses (cf. Figure 8). En effet, l'augmentation de la dérive est plus importante lorsqu'on passe d'un vent de 2 à 7 m/s dans le scénario « Champagne-Vigne » où la distribution est « ASAE Fine to Medium » que dans le scénario « Midi-Pyrénées- Maïs » où la distribution est « ASAE Very Fine to Fine ».

L'article de Viret et al [2003] souligne par ailleurs qu'une augmentation de la vitesse de vent de 0-3 m/s à 4-5 m/s se traduit par une forte augmentation des dépôts hors du champ.

Figure 8: Comparaison de l'influence de la vitesse du vent pour deux scénarios



1.2.5- Influence de la densité de la végétation

L'article de Viret et al [2003] montre que suivant les configurations de terrain et de développement de la végétation les répartitions des dépôts changent légèrement, notamment sur une distance de 25 m en bordure de parcelle.
Ces mesures sont présentées dans le tableau 17 ci-dessous. La dérive totale est ici calculée par différence pour obtenir un total de 100%.

Tableau 17 : Exemple de distribution en % de la quantité totale de substance épandue suivant le stade de développement de la végétation

	Stade	*Feuilles*	*Tiges et treillis*	*Sol à l'intérieur de la parcelle*	*Sol dans la bande des 25 m à l'extérieur de la parcelle*	*Dérive totale*
Terrain plat	*Précoce*	*3*	*3*	*47*	*19*	*28*
	Avancé	*23*	*3*	*33*	*18*	*23*
Terrain pentu	*Précoce*	*6*	*3*	*38*	*22*	*31*
	Avancé	*24*	*3*	*38*	*15*	*20*

Ces chiffres nous montrent que pour des stades avancés une part importante de la substance active est retenue par les feuilles. De même, en terrain pentu, l'espacement entre les rangs est plus faible et l'interception est meilleure. Cela veut dire que le choix d'une hauteur de végétation de 0 m est très défavorable pour ces configurations. Dans son option de base, la modélisation sous Agdrift modélise en effet très simplement l'interception par la végétation : les gouttelettes ne sont plus suivies dès qu'elles atteignent la partie supérieure de la végétation. Une modélisation plus précise aurait nécessité un jeu de données complet malheureusement non disponible. C'est pourquoi il a été finalement choisi de faire varier la hauteur de la végétation.

Les simulations montrent alors que la hauteur de la végétation est très influente sur le taux de dérive. Cela est notamment très important pour les scénarios « Maïs » car les gouttelettes pulvérisées sont alors très fines. Ainsi, en prenant une hauteur de végétation de 1 m (au lieu de 2m), le taux de dépôt à 50 m passe de 3% à 10% environ. Ces valeurs seront à prendre en compte pour les évaluations de risques (écosystèmes et santé humaine).

1.2.6- Influence de la longueur de la rampe

La valeur moyenne retenue pour la longueur de rampe est de 70% du diamètre du rotor ou de l'envergure des ailes. Pour des longueurs plus importantes, cette longueur influe sur la dérive car les gouttelettes ont alors tendance à être entraînées dans les tourbillons générés par l'appareil. Les calculs qui ont été réalisés pour des longueurs de rampes de 65 et 75% montrent effectivement que les premières minimisent la dérive alors que les secondent l'augmentent.

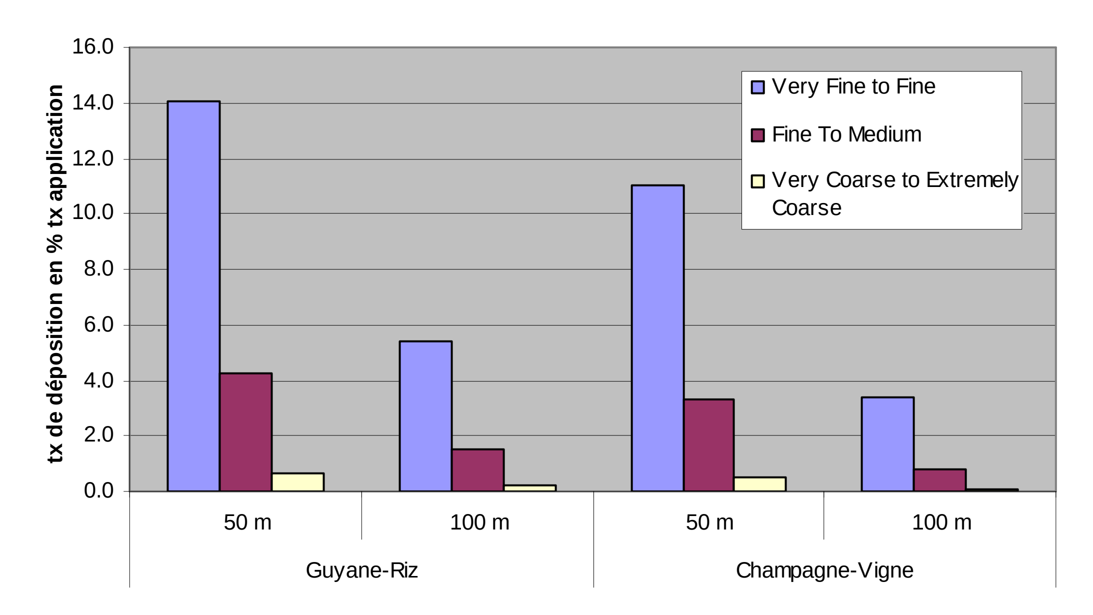
1.3- Influence de la distribution de la taille des gouttes

L'analyse de sensibilité montre que la distribution de la taille des gouttelettes est le paramètre le plus influent sur la dérive. Toutefois, si initialement, la distribution « ASAE Fine to Medium »[21] a été identifiée comme la plus représentative pour les épandages sur le riz, la vigne et les bananes, il faut aussi considérer que, d'une part, des buses à turbulence « ASAE Very Fine to Fine »[22] sont encore utilisées et que, d'autre part, des buses à réduction de dérive « ASAE Very Coarse to Extremely Coarse »[23] sont également de plus en plus employées. Les 3 scénarios « Martinique-Bananes », « Guyane-Riz » et « Champagne-Vigne » ont donc été testés avec ces deux distributions extrêmes.

Note : La distribution « ASAE Very Coarse to Extremely Coarse » est la plus proche de celle obtenue avec les buses à réduction de dérive, toutefois elle surestime la part des fines gouttelettes (cf. annexe 9).

Les résultats sont significatifs : le taux de dépôt à 50 m pour « Champagne-Vigne » passe de 0,51% (DSD Very Coarse to Extremely Coarse) à 11,05% (DSD Very Fine to Fine) ; de même le dépôt total hors du champ de 1,18% à 12,88%. La figure 7 illustre les différences du taux de dépôt à 50 et 100 m selon la distribution de la taille des gouttelettes.

Figure 7 : Influence de la distribution de la taille des gouttelettes sur le taux de dépôt



1.4- Influence d'un terrain en pente

Pour certaines cultures comme la vigne, il est fréquent que le terrain soit en pente. Le logiciel AgDRIFT permet de prendre en compte la pente par l'intermédiaire de la définition d'un angle et du sens de passage de l'appareil par rapport à la pente (ascendant/descendant ou

[21] Fraction fine à moyenne

[22] Fraction très fine à fine

[23] Fraction grossière à très grossière

transversal). Toutefois, la documentation ne fournit pas d'informations sur cette fonction. Les résultats sont donc à prendre avec une extrême précaution.
Quatre essais ont été effectués avec une pente de 5% (angle de 2,86°) :
- passage de l'appareil dans le sens transversal (+ et -)
- passage dans le sens de la pente (+ et -)

Puis deux essais avec un passage dans le sens transversal et une pente plus importante (15%).
Selon le GFH-SNEH, il est préférable de traiter avec un passage dans le sens transversal car il est plus facile de conserver une vitesse constante de l'appareil. Toutefois, certains traitements se font en remontant la pente, voire en la descendant. Cette dernière option est la moins courante car elle est à la fois plus dangereuse (risque d'accrochage du rotor de queue) et moins efficace.

Tableau 18 : Influence de la pente du terrain

	Terrain plat	Pente 5% sideslope +	Pente 5% sideslope -	Pente 5% upslope +	Pente 5% upslope +	Pente 15% sideslope +	Pente 15% sideslope -
Downwind deposition	4.85	4.64	5.01	4.89	4.9	4.03	5.06
Airborne drift	0.3159	0.3332	0.3187	0.3166	0.3166	0.3469	0.3218
Carrier evaporated	6.96	6.95	6.98	6.98	6.98	6.87	6.93
Dépôt à 50m	3.35	3.33	3.42	3.36	3.36	2.92	3.49

Note : upslope + (-) : sens ascendant (descendant)
sideslope + (-) : sens transversal : le côté droit est plus proche du sol (côté gauche plus proche du sol)

Le tableau 18 montre que les résultats diffèrent peu en fonction de la pente. Ceci est cohérent avec l'article de Viret et al [2003] montrant peu de différence également, quel que soit le stade de la culture, sur les résultats de dérive suite à un épandage par hélicoptère sur un terrain plat et un terrain pentu.
Toutefois, il est important de rappeler que ces simulations prennent en compte une météorologie très simplifiée (une direction de vent, des conditions neutres) alors que les terrains concernés sont souvent associés à une météorologie complexe. Une étude plus approfondie avec un autre outil est nécessaire afin de bien prendre en compte ces spécificités.

1.5- Conclusion

Les simulations montrent assez peu de différences entre les cultures dans les conditions retenues. Toutefois, deux points apparaissent importants : d'une part, le respect des bonnes pratiques d'épandage (qui consistent principalement à ne pas réaliser de traitement lorsque le vent est supérieur à 5,3 m/s) et d'autre part, la minimisation de la hauteur de la rampe (une réglementation sur ce point pourrait être utile). Une faible augmentation de vent entraîne en effet une augmentation conséquente de la dérive, il semble donc important que le vent soit mesuré sur le site. A priori, des mesures sont déjà effectuées pour la sécurité du pilote, l'hélicoptère restant au sol au-delà d'une vitesse de vent donnée[24]. Par ailleurs, l'utilisation de buses à réduction de dérive pulvérisant des gouttelettes plus grosses réduit considérablement la dérive par rapport aux buses classiques. L'efficacité du traitement (notamment la bonne répartition sur le champ) n'a toutefois pas été abordée dans cette

[24] On note que les appareils peuvent décoller à des vitesses bien supérieures à la bonne pratique (jusqu'à 45 km/h contre une limite de 20-25 km/h dans le cadre d'une bonne pratique)

partie : ce point est très certainement à prendre en compte pour répondre entièrement à la question du remplacement des buses.

Par ailleurs, l'étude publiée par Viret et al [2003], fondée sur des bilans de matière, montre une proportion de substance active « emportée » par la dérive beaucoup plus importante que celle calculée par Agdrift. Cela est contradictoire et peut être dû à des conditions de travail très différentes. Cela montre aussi qu'il serait important de réaliser tout un ensemble des mesures de terrains pour confirmer les valeurs calculées par Agdrift.

2- Conséquences de l'analyse de sensibilité de la dérive sur les évaluations de risque

2.1- L'évaluation du risque sanitaire

Concernant les aspects sanitaires, on a pu constater que l'estimation raisonnablement majorante donnait des résultats acceptables. Les hypothèses majorantes, prises une à une, ne conduisent pas à des IR supérieurs à 1, y compris dans le cadre de l'estimation du risque aigu par contact cutané et par ingestion qui présente, dans l'ensemble, les résultats les plus proches de la valeur repère de 1. Pour cette dernière et dans le pire cas, c'est-à-dire celui où tous les paramètres les plus sensibles sont considérés simultanément à leur borne maximale, le risque est augmenté d'un facteur inférieur à 10, y compris pour les substances présentant le plus grand IR dans la simulation de base. Par exemple, le risque aigu lié au contact cutané et à l'inhalation de carbaryl pour le scénario Guyane-Riz le plus défavorable (vitesse du vent de 7 m/s, longueur de rampe de 75%, hauteur de rampe de 4m), serait augmenté d'un facteur 6,5 (l'IR passerait de $2,2.10^{-1}$ à 1,4, soit très légèrement supérieur à 1). Du fait de la faible plausibilité d'une telle situation et de la faible amplitude de l'augmentation du risque alors encouru, il ne semble donc pas au groupe de travail que le risque sanitaire lié à la dérive à 50 m de l'épandage aérien puisse entraîner, sauf situation très exceptionnelle, des effets sur la santé accrus chez les populations exposées à cette pratique par rapport à une population qui ne le serait pas. Toutefois, une variation simultanée à la hausse des autres paramètres d'exposition entrant dans les équations ne permet pas de l'exclure.

2.2- L'évaluation du risque écotoxicologique

Pour les impacts écotoxicologiques, les résultats de l'estimation raisonnablement majorante sont déjà supérieurs à la valeur repère de risque dans une proportion non négligeable. En conséquence, le groupe de travail s'est attaché à étudier les possibilités de minorer ces risques.

Le groupe de travail a effectué des calculs complémentaires pour mieux cerner l'influence de deux paramètres principaux : la vitesse de vent et la taille des gouttelettes. Ceux-ci ont été choisis pour deux raisons :

- l'influence des conditions météorologiques est une question spécifique de la saisine,
- des mesures de gestion peuvent être prises concernant la réglementation sur la vitesse maximale du vent lors du traitement (comme pour l'arrêté épandage terrestre), ou l'obligation d'utiliser des buses à réduction de dérive (définition de bonnes pratiques).

Les évaluations de risque écotoxicologique ont été conduites selon trois nouvelles conditions :

- ➢ pour une vitesse de vent plus faible (2 m/s) ;

- pour des gouttelettes plus grosses, typiques des buses à réduction de dérive (*very coarse to extremely coarse*[25]) ;
- pour un couplage d'une vitesse de vent plus faible (2 m/s) **et** de gouttelettes plus grosses (*very coarse to extremely coarse*).

Il en ressort que les buses à réduction de dérive, en générant des gouttelettes grosses à très grosses, devraient permettre de réduire le transfert à 50 mètres d'un facteur 6 ou 7, selon le type de bouillie.
Un vent moins fort (2 m/s) permet également de réduire le transfert à 50 mètres d'un facteur 1,3 à 4.
Au total, un traitement effectué par vent faible et avec des buses à réduction de dérive permet de réduire le transfert à 50 mètres d'un facteur 24 à 35.
Ces facteurs de réduction sont repris, scénario par scénario, dans le tableau 19. Le scénario Maïs/Aquitaine n'y est pas abordé car l'utilisation de buses à limitation de dérive serait *a priori* impossible.

[25] Uniquement lorsqu'il y a possibilité de faire varier le type de buse, ce qui n'est pas le cas sur tous les scénarios contextuels (exclusion des épandages UBV par micronair).

Tableau 19: Taux de transfert des substances actives à 50 et 100 mètres de la parcelle traitée dans les conditions de vent et de traitement du scénario de référence, et taux de transfert sous un vent plus faible (2 m/sec) et/ou avec équipement des rampes de buses anti-dérive (sauf maïs pour lequel les buses anti-dérives ne s'appliquent pas).

SCENARIO	Substance	Dose à l'hectare (kg/ha)	vent 5m/s		DSD Coarse		vent 2m/s		DSD Coarse+ 2m/s		Buses anti-dérive		2 m/sec		Buses anti dérive, vent à 2 m/sec	
			A 50m	A 100m	A 50m	A 100m	à 50m	à 100m	à 50m	à 100m	50m	100m	50m	100m	50m	100m
			Dépôt en %	Dépôt en %	Dépôt en %	Dépôt en %	Dépôt en %	Dépôt en %	Dépôt en %	Dépôt en %						
GUYANE-RIZ	2,4 MCPA	0,304	4,13	1,39	0,66	0,22	1,12	0,29	0,2	0,04	6	6	4	5	26	35
	carbaryl	1,7	4,27	1,48	0,67	0,22	1,36	0,46	0,2	0,05	6	7	3	3	24	30
	glyphosate	0,81	4,17	1,42	0,67	0,22	1,20	0,35	0,2	0,04	6	6	3	4	26	36
	propanil	1,249	4,19	1,44	0,67	0,22	1,24	0,37	0,2	0,04	6	7	3	4	25	36
	tébufénozide	0,12	4,10	1,37	0,66	0,21	1,09	0,28	0,2	0,03	6	7	4	5	27	46
	cyperméthrine	0,039	4,07	1,36	0,66	0,21	1,04	0,24	0,2	0,03	6	6	4	6	27	45
	alphaméthrine	0,015	4,03	1,34	0,65	0,21	1,00	0,22	0,1	0,03	6	6	4	6	29	45
	lambda cyalothrine	0,009	4,04	1,34	0,65	0,21	0,98	0,21	0,1	0,03	6	6	4	6	29	45
CHAMPAGNE-Vigne	chlorpyrifos éthyl	0,285	3,22	0,71	0,5	0,09	0,86	0,22	0,1	0,02	6	8	4	3	32	36
	dinocap	0,21	3,19	0,70	0,5	0,09	0,84	0,21	0,1	0,02	6	8	4	3	32	35
	flusilazole	0,03	3,09	0,62	0,49	0,08	0,71	0,13	0,1	0,01	6	8	4	5	34	62
	folpel	1,5	3,34	0,80	0,51	0,1	0,99	0,28	0,1	0,03	7	8	3	3	30	27
	fosétyl-aluminum	1,884	3,35	0,82	0,51	0,10	1,01	0,29	0,1	0,03	7	8	3	3	30	27
	krésoxim-méthyl	0,1	3,13	0,66	0,49	0,09	0,76	0,16	0,1	0,01	6	7	4	4	35	66
	cymoxanil	0,12	3,16	0,67	0,49	0,09	0,77	0,17	0,1	0,02	6	7	4	4	35	33
	dimétomorphe	0,226	3,20	0,71	0,50	0,09	0,84	0,21	0,1	0,02	6	8	4	3	32	35
	mancozèbe	1,5	3,34	0,80	0,51	0,10	0,99	0,28	0,1	0,03	7	8	3	3	30	27
	mefenoxam	0,09	3,13	0,66	0,49	0,09	0,76	0,16	0,1	0,01	6	7	4	4	35	66
	métiram-zinc	1,6	3,34	0,80	0,51	0,10	0,99	0,28	0,1	0,03	7	8	3	3	30	27
	pyraclostrobine	0,1	3,13	0,66	0,49	0,09	0,76	0,16	0,1	0,01	6	7	4	4	35	66
	tébuconazole	0,1	3,13	0,66	0,49	0,09	0,76	0,16	0,1	0,01	6	7	4	4	35	66
	trifloxystrobine	0,0625	3,11	0,65	0,49	0,09	0,74	0,14	0,1	0,01	6	7	4	5	35	65
	zoxamide	0,123	3,16	0,67	0,49	0,09	0,78	0,18	0,1	0,02	6	7	4	4	35	33
MIDI-PYRENEES - Mais	bifenthrine	0,019	3,42	1,91			2,05	0,98					1,7	2,0		
	carbendazime	0,333	3,04	1,62			1,98	0,94					1,5	1,7		
	flusilazole	0,186	3,21	1,70			1,92	0,89					1,7	1,9		
	lambda-cyhalothrine	0,023	3,44	1,90			2,08	1,00					1,7	1,9		
	cyperméthrine	0,049	3,37	1,84			2,52	1,35					1,3	1,4		
	flutriafol	0,118	3,28	1,77			2,00	0,96					1,6	1,8		

SCENARIO	Substance	Dose à l'hectare (kg/ha)	vent 5m/s		DSD Coarse		vent 2m/s		DSD Coarse+ 2m/s		Buses anti-dérive		2 m/sec		Buses anti dérive, vent à 2 m/sec	
			A 50m	A 100m	A 50m	A 100m	à 50m	à 100m	à 50m	à 100m	50m	100m	50m	100m	50m	100m
			Dépôt en %	Dépôt en %	Dépôt en %	Dépôt en %	Dépôt en %	Dépôt en %	Dépôt en %	Dépôt en %						
	pyrimicarbe	0,442	2,97	1,58			1,96	1,01					1,5	1,6		
	deltaméthrine	0,025	3,43	1,89			2,07	1,00					1,7	1,9		
	tébuconazole	0,251	3,10	1,65			1,87	0,84					1,7	2,0		
	alphaméthrine	0,021	3,43	1,90			2,06	0,98					1,7	1,9		
	indoxacarbe	0,033	3,30	1,84			2,31	1,15					1,4	1,6		
AQUITAINE-maïs doux	lamba-cyhalothrine	0,01999	3,20	1,72			2,09	0,98					1,5	1,7		
	deltaméthrine	0,02	2,63	1,19			1,46	0,63					1,8	1,9		
	zétacyperméthrine	0,03747	2,63	1,19			1,46	0,63					1,8	1,9		
	pyrimicarbe	0,2	3,18	1,66			1,89	0,80					1,7	2,1		
	indoxacarbe	0,04	3,19	1,70			2,06	0,94					1,5	1,8		
	cyperméthrine	0,05	3,21	1,70			2,04	0,93					1,6	1,8		

2.2.1- Organismes aquatiques

L'évaluation du risque a été réitérée en utilisant les facteurs de transfert présentés dans le tableau 19. Les résultats sont synthétisés dans le tableau 20.

Tableau 20: Pourcentage de couples (culture x substance) pour lequel le risque pour les organismes aquatiques est acceptable à 50 et 100 mètres dans différentes conditions de vent et de traitement

Scénario	**Conditions de vent et de traitement dans la simulation de référence***		**Traitement avec des buses à réduction de dérive**		**Traitement par vent de 2 m/s**		**Traitement avec des buses à réduction de dérive et par vent de 2 m/s**	
	% de couples pour lesquels le risque est acceptable		**% de couples pour lesquels le risque est acceptable**		**% de couples pour lesquels le risque est acceptable**		**% de couples pour lesquels le risque est acceptable**	
	à 50 m	**à 100 m**	**à 50 m**	**à 100 m**	**à 50 m**	**à 100 m**	**à 50 m**	**à 100 m**
Guyane-riz	50	50	50	63	50	63	63	63
Champagne-vigne	47	67	73	100	60	93	100	100
Midi-Pyrénées-maïs	18	18			18	45		
Aquitaine-maïs-doux	17	33			33	33		
Tous scénarios confondus	35	45			43	65		

Note : sur maïs, seule la pulvérisation UBV par micronair semble envisageable.
*présenté en IV-B

Cette analyse montre que le fait de traiter par vent faible (2m/s) ou avec un équipement limitant la dérive augmente le pourcentage de scénarios pouvant être associés à un risque acceptable à 50 mètres, mais n'est pas suffisant pour que le risque soit acceptable dans 100% des cas.
L'association des deux mesures est associée à un risque acceptable dans 100% des cas en vigne seulement.
Pour les autres cultures, le risque est acceptable à 50 mètres dans 18 à 63% des cas et à 100 mètres dans 33 à 65% des cas.
Certains scénarios sont moins sensibles que d'autres à l'amélioration apportée par ces mesures de gestion car ils sont associés à des substances phytopharmaceutiques pour lesquelles les concentrations protectrices pour les écosystèmes aquatiques sont très faibles (voir le tableau des PNEC aquatiques).

2.2.2- Arthropodes terrestres non visés

L'évaluation du risque a été refaite en utilisant les facteurs de transfert présentés dans le tableau 1.
Les résultats sont synthétisés dans le tableau 21 :

Tableau 21 : Pourcentage de couples culture x substance pour lequel le risque pour les arthropodes terrestres non visés est acceptable à 50 et 100 mètres, dans différentes conditions de vent et de traitement

Scénario	Conditions de vent et de traitement dans la simulation de référence*		Traitement avec des buses à réduction de dérive		Traitement par vent de 2 m/s		Traitement avec des buses à réduction de dérive et par vent de 2 m/s	
	% de couples pour lesquels le risque est acceptable		% de couples pour lesquels le risque est acceptable		% de couples pour lesquels le risque est acceptable		% de couples pour lesquels le risque est acceptable	
	à 50 m	à 100 m	à 50 m	à 100 m	à 50 m	à 100 m	à 50 m	à 100 m
Guyane-riz	20	20	20	60	20	60	60	80
Champagne-vigne	87	93	93	100	93	100	100	100
Midi-Pyrénées-maïs	20	40			30	40		
Aquitaine-maïs-doux	20	20			20	20		
Tous scénarios confondus	48	57			54	66		

Note : sur maïs, seule la pulvérisation UBV par micronair semble envisageable.
*présenté en IV-B

Comme dans le cas des organismes aquatiques, cette analyse montre que le fait de traiter par vent faible (2m/s) ou avec un équipement limitant la dérive augmente le pourcentage de scénarios pouvant être associés à un risque acceptable à 50 mètres, mais n'est pas suffisant pour que le risque soit acceptable dans 100% des cas.
Le recours conjoint aux deux mesures est associé à un risque acceptable dans 100% des cas en vigne seulement.
Pour les autres cultures, le risque est acceptable à 50 mètres dans 20 à 93% des cas et à 100 mètres dans 20 à 100% des cas.
Certains scénarios sont moins sensibles que d'autres à l'amélioration apportée par ces mesures de gestion car ils sont associés à des substances phytopharmaceutiques pour lesquelles les concentrations protectrices pour les arthropodes terrestres non visés sont très faibles (voir le tableau des PNEC pour ces organismes).

V- Conclusions et recommandations du groupe de travail

En préambule, il convient de rappeler les principales limites du présent travail :

- Il ne se substitue pas à la procédure d'autorisation de mise sur le marché ;
- Il se positionne dans le cadre de l'épandage aérien pour la protection des végétaux, conformément à l'arrêté de mars 2004 auquel se réfère la saisine. La lutte anti-vectorielle n'est qu'abordée, aucune évaluation de risque n'est effectuée. Dans ce cas, la présence potentielle de cibles sous le couvert végétal fait que la dérive à 50 ou à 100 m n'est clairement plus le seul point critique et implique l'utilisation d'autres outils que ceux retenus ici ;
- Il est basé sur la sélection de certains scénarios contextuels (région x culture) qui ont été considérés comme représentatifs des pratiques de l'épandage aérien en France. Cette procédure est fondée sur un critère de faisabilité de traitement de la saisine. Elle n'est pas exhaustive et les résultats obtenus ne sont pas extrapolables ;
- Il exclut l'évaluation des risques associés, d'une part, aux métabolites des substances étudiées et, d'autre part, à leur phase gazeuse, compte tenu de l'état actuel des connaissances dans ces domaines et du manque d'outils reconnus et disponibles;
- L'outil de simulation de la dérive qui a été utilisé (Agdrift) est le seul, d'une part, pour lequel suffisamment d'articles scientifiques ont été publiés et, d'autre part, qui est actuellement recommandé par des instances internationales pour traiter le cas des épandages aériens. Il a donc été utilisé par le groupe. Toutefois, il implique un certain nombre de simplifications par rapport à la réalité (toutes les simulations sont réalisées par vent latéral) et a suscité plusieurs interrogations au sein du groupe de travail (en particulier, pour la prise en compte de la végétation) ;
- Les évaluations de risque ne considèrent comme point d'entrée de la contamination environnementale que les dépôts au sol ou les concentrations dans l'air en gouttelettes à 50 m (ou à 100 m) liés à la dérive provoquée par l'épandage aérien : à la lecture de la saisine, c'est ce point qui est apparu critique et central aux experts. Cela signifie que les travailleurs impliqués directement et quel que soit leur poste, ont été exclus des évaluations de risque quantitatives du présent rapport, leur exposition très particulière supposerait *de facto* une étude à part entière, poste par poste, par méthode d'application et de protection, aéronef par aéronef. De plus, cette situation n'est pas spécifique au traitement aérien. Enfin, les oiseaux, les mammifères et les abeilles n'ont pas fait l'objet d'une évaluation des risques dans le cadre de cette saisine. En effet, pour ces organismes, comme pour les organismes du sol par ailleurs, le risque est évalué dans le cadre de la procédure réglementaire dans la parcelle traitée et doit être acceptable dans ces conditions. La notion de distance par rapport à la parcelle traitée (le champ) n'est donc pas pertinente. Seul le ver de terre a été conservé comme « témoin » de ce principe ;
- Enfin, les évaluations de risque ne permettent pas d'évaluer les effets synergiques ou antagonistes de plusieurs produits auxquels sont exposés simultanément les populations et les écosystèmes.

C'est compte tenu des limites précédemment listées que le groupe de travail rend son rapport et propose les recommandations suivantes. Par ailleurs, on rappelle que les recommandations relatives aux deux premières questions de la saisine (points 1 et 2 suivants) sont basées sur les évaluations quantitatives du risque, et donc sur l'analyse des données ou des outils méthodologiques disponibles à cette fin, et sont illustrées par des exemples tirés de l'analyse des pratiques au niveau international. Les recommandations relatives aux points 3 et 4 suivants sont, quant à elles, basées sur l'analyse des réglementations et pratiques au niveau international, ainsi que sur le retour d'expérience national.

1- Extension de l'interdiction d'épandage aérien

Certains pays européens ont ou vont interdire la pratique de l'épandage aérien. D'autres ont mis en place un système d'autorisation. Enfin, la plupart des pays restreignent l'épandage aérien à certaines substances (comme en France), certaines zones ou encore certains matériels. Le groupe considère qu'une évaluation comparative des moyens d'épandage terrestre et par mode d'aéronef serait nécessaire afin de mettre en perspective les impacts relatifs de l'un par rapport à l'autre, en fonction des substances, de la sensibilité de certaines zones, ou encore des bénéfices de certains matériels en termes de réduction des risques (illustrés pour l'épandage aérien, dans ce rapport, avec les buses anti-dérive).
Une telle analyse pourrait relever d'un projet de recherche. Elle dépasse les prérogatives du groupe de travail qui ne peut donc tirer de conclusions à ce stade quant à des restrictions supplémentaires de la pratique visée.
N'ayant pas procédé à cette analyse comparative, le groupe de travail ne peut exclure des conséquences fâcheuses pour certaines professions comme pour la santé environnementale s'il s'avérait que l'épandage terrestre, alors favorisé sans pour autant être plus réglementé ou contrôlé sur le terrain que l'épandage aérien, puisse être plus impactant que ce dernier dans certains cas.

En ce sens, le groupe recommande que les études expérimentales comparatives sur la dérive par voie aérienne et par voie terrestre se développent. Il recommande, d'autre part, qu'une analyse coût-bénéfice de l'utilisation de l'épandage aérien en regard de l'épandage terrestre, pour un certain nombre de scénarios contextuels à définir, se systématise et se développe dans un cadre structuré et harmonisé. Dans ce contexte d'amélioration des connaissances, il note également que, s'agissant de la modélisation de la dérive, il pourrait être intéressant de proposer des travaux sur la prise en compte de l'évaporation des gouttes multi-composants.

Le groupe de travail regrette que la procédure d'AMM ne tienne que très peu compte des spécificités liées à l'épandage aérien dans ses évaluations, ces dernières n'étant pas mentionnées explicitement dans les dossiers. Ainsi, une préparation pour laquelle une utilisation par mode d'aéronef n'aurait pas été précisée lors du dépôt de dossier de demande d'AMM n'est pas évaluée pour un tel usage, alors qu'elle peut être mise en pratique de cette façon sur le terrain. Au Canada, seuls les produits assortis d'un mode d'emploi pour l'épandage aérien peuvent être utilisés : ils font l'objet d'une évaluation spécifique. En outre, seules les utilisations aériennes mentionnées sur l'étiquette peuvent être mises en pratique.
Une telle mesure présente aussi beaucoup d'avantages en termes de protection du travailleur : une évaluation spécifique est nécessaire pour les différentes personnes exposées pendant le traitement ou sa préparation (le pilote, les préparateurs et chargeurs de bouillie, et dans certains cas les personnes chargées du balisage au sol) avec des outils adaptés. On note que, dans certains pays, ces derniers doivent être remplacés par des systèmes GPS en cas d'épandage aérien.

En conséquence, le groupe de travail recommande que les produits soient spécifiquement et systématiquement évalués pour un mode d'épandage par voie d'aéronef, lorsque ce mode d'application est pertinent, dans le cadre de la procédure d'AMM qui constitue le cadre réglementaire adéquat. A l'image du Canada, cela implique qu'un produit qui ne serait pas spécifiquement étiqueté (donc évalué) pour un mode d'épandage par voie d'aéronef, avec un mode d'emploi adéquat, ne pourrait plus être épandu de cette façon. Une mise en application progressive, mais sur une période raisonnablement brève, sera nécessaire du fait du nombre de produits qui nécessite un complément d'évaluation. Pour les nouveaux produits, cette disposition peut prendre effet sans délai.

Par ailleurs, les évaluations de risque réalisées dans le cadre de cette saisine sont basées sur la toxicité et l'écotoxicité des substances actives ou préparations prises une à une, sans considération des synergies ou antagonismes possibles des mélanges généralement réalisés, ni prise en compte d'éventuels métabolites. Cela constitue une limite supplémentaire pour répondre à la question soulevée par la saisine.
Pour l'évaluation du mélange, cela pourrait être abordé sur les bases des documents rédigés par la Commission d'étude de la toxicité.

Sur ce point des mélanges, on note que de nouvelles règles gérées par le Ministère chargé de l'agriculture pourraient être applicables prochainement. Elles ont pour objectif de simplifier le recours aux mélanges de produits phytosanitaires des agriculteurs. Le groupe n'a pas vocation à donner son avis sur ce nouveau dispositif, qui sort largement du cadre de la saisine. Toutefois, il ne peut que souligner que le cas de l'épandage aérien ne serait pas spécifiquement abordé dans le texte actuellement proposé. Or, la déclaration d'utilisation de mélanges enregistrés lors d'une opération d'épandage aérien est prévue sur les nouvelles fiches de déclaration d'épandage Cerfa, conformément à la procédure générale d'enregistrement des mélanges élaborée en 2004. Cette simplification du recours aux mélanges de produits phytosanitaires, dans le cadre notamment de leur épandage aérien, poserait plus encore que pour les produits pris « individuellement » la question de l'évaluation de l'impact et des risques associés à de tels usages.

2- La distance minimale de sécurité de 50 mètres

Concernant l'évaluation des risques pour l'homme et l'environnement, liés au phénomène de dérive de l'épandage aérien, les impacts écotoxicologiques sont les contributeurs majeurs du risque global estimé dans le cadre de ce travail. On rappelle que le pourcentage de couples (culture x substance) pour lequel le risque est acceptable à 50 mètres est inférieur à 50% quelle que soit la cible environnementale considérée (hors vers de terre). Le fait de porter la distance de protection à 100 m peut faire varier les résultats (le pourcentage varie alors entre 45 et 57).
En revanche, le traitement par vent faible (2m/s) ou avec un équipement anti-dérive augmente le pourcentage de scénarios pouvant être associés à un risque acceptable à 50 m, mais n'est pas suffisant pour que le risque soit acceptable dans 100% des cas. Le recours conjoint aux deux mesures est associé à un risque acceptable à 50 m dans 100% des cas dans le scénario Champagne-Vigne seulement. Les autres scénarios sont moins sensibles que ce dernier à l'amélioration apportée par ces bonnes pratiques car ils sont associés à des substances pour lesquelles les concentrations protectrices pour les organismes sauvages concernés sont très faibles.

En conséquence, le groupe recommande que la définition des distances minimales de sécurité se fasse pour chaque préparation dans le cadre d'un usage agricole spécifique par mode d'aéronef, et qu'une gestion au cas par cas au niveau local puisse être appréciée pour les zones particulièrement vulnérables. Par exemple, au Royaume-Uni, on rappelle que le commanditaire de l'épandage aérien doit consulter 72 h avant l'autorité compétente si une réserve naturelle ou un site d'intérêt scientifique spécial se situe à moins de 1 500 m de la zone à épandre. Par ailleurs, les apiculteurs de la zone doivent être informés au moins 48 h avant. Au Canada, le respect au cas par cas d'une zone tampon est basé sur le seul jugement professionnel des applicateurs qui peuvent, pour cela, utiliser des modèles de dérive (dont Agdrift). Leur attention devrait aussi être attirée sur la proximité d'établissements sensibles (écoles, hôpitaux etc.), bien qu'en toute logique cela ne relève pas du seul épandage aérien.

3- Délais de déclaration préalable

Au niveau de la pratique européenne, les délais de déclaration varient de 24 h à 72 h avant le traitement. Au Royaume-Uni, par exemple, ils dépendent des institutions à contacter en fonction de l'environnement de la zone à épandre. Ainsi, les services compétents doivent être prévenus 72 h avant quand un site d'intérêt scientifique ou une eau de surface sont situés dans la zone. Les apiculteurs doivent être prévenus 48 h avant. Les services locaux en charge de la santé environnementale, les occupants les plus proches de la zone à épandre et les établissements sensibles sont informés entre 24 h et 48 h avant. Enfin, un avertissement visible doit être mis en place 24 h avant. Ce dernier point sera discuté dans les procédures d'agrément et de contrôle.

En conséquence, pour les interventions prévisibles, le groupe de travail propose :

- une première déclaration de principe parvenant à son destinataire par courrier soit en début de la saison de culture, soit 72 heures avant l'épandage, spécifiant clairement les produits utilisés et les doses à l'hectare prévues. Ce laps de temps permettra aux Services régionaux de protection des végétaux de vérifier que l'utilisation des préparations commerciales mentionnées est possible ou encore l'affichage dans les parcelles et l'information spécifique des riverains ;
- une deuxième déclaration par fax (ou e-mail), 24 heures avant l'épandage, confirmant la mise en oeuvre.

Pour les interventions non prévisibles, les dispositions prévues dans l'arrêté du 5 mars 2004 pourraient continuer de s'appliquer.

4- Les procédures d'agrément et de contrôle

La procédure d'agrément actuelle (articles L 254-1 et suivants du code rural) vise des métiers très différents (distribution de produits antiparasitaires agricoles, non agricoles, jardinerie, application par voie terrestre, fumigation, application par aéronef…). Elle ne prend pas en compte la compétence professionnelle de chaque activité, pourtant très spécifique lorsqu'il s'agit des applications par aéronefs.

En conséquence, le groupe recommande l'élaboration d'un guide de bonnes pratiques de la procédure d'application par aéronefs, qui peut répondre à la fois à des objectifs de sécurisation et de traçabilité des pratiques, sans alourdir le cadre réglementaire.

Ce guide peut décrire le matériel à utiliser et ses bonnes conditions d'emploi et il peut prendre en compte les auto-contrôles réalisés par les opérateurs. S'agissant du matériel de pulvérisation, un contrôle annuel doit nécessairement être réalisé par une structure externe à l'entreprise. Les enregistrements des conditions d'application (trajet, points de ravitaillement, horaires de traitement, paramètres météorologiques notamment la direction du vent…), contribuent la crédibilisation du dispositif. La conservation de ces données et du plan de vol sur un délai minimum de 2 ans est à envisager, notamment en cas de contentieux.

L'épandage par U.L.M. n'a pas été traité, à défaut d'informations propres à ce mode d'application, ni d'élément de paramétrage disponible pour le modèle AGDRIFT. Cette pratique est très différente (vitesse de travail, la hauteur de vol, contrôle de la hauteur d'épandage…) des modes d'application évalués par avion et hélicoptère. A ce stade l'ULM peut être utilisé dans un cadre professionnel ou non. Enfin l'opérateur est vraisemblablement exposé de manière différente en regard des autres aéronefs (absence de cabine, vitesse,

turbulences…). Ce mode d'épandage présente des caractéristiques propres justifiant une évaluation complète au moins dans un cadre d'emploi professionnel.

Par ailleurs, la pratique des traitements aériens est soumise à un certain nombre d'interrogations du public.

En conséquence, il est recommandé d'évaluer les conditions d'une information du public à la fois dans un souci de transparence et de réduction de l'exposition des personnes : l'information des mairies voire l'affichage en mairie constituent des dispositifs minimums qui peuvent sans doute aller jusqu'à l'affichage dans les parcelles et l'information spécifique des riverains (par la presse et/ou la radio locale). Ces obligations doivent au moins faire partie de la procédure d'agrément des entreprises par les Services de protection des végétaux.

Les déclarations se font actuellement essentiellement par télécopie, document qui nécessite une saisie. Dans le cadre de la dématérialisation des procédures des télé-déclarations sont envisageables. Outre la facilitation pour l'opérateur, le suivi instantané et le contrôle des opérations seraient plus opérationnels. On peut imaginer pour des traitements planifiés, ce qui est le cas de la grande majorité des applications, la mise en œuvre d'un serveur SIG (avec base SCAN 25 par exemple) permettant au commanditaire de décrire les circuits envisagés et le parcellaire visé dans le cadre d'une pré déclaration.
Par ailleurs, cela faciliterait la caractérisation de la population exposée, impossible à estimer aujourd'hui.

Bibliographie

Bradman M.A. *et al.* (1994) Malathion and malaoxon environmental levels used for exposure assessment and risk characterisation of aerial applications to residential areas of Southern California. 1989-1990, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 4(1): 49-63

Brody J.G. *et al.* (2002) Using GIS and historical records to reconstruct residential exposure to large-scale pesticide application, *J of Expo Ana. and Env. Health*, 12(2): 64-80

Brody J.G. *et al.* (2004) Breast Cancer Risk and Historical Exposure to Pesticides from Wide-Area Applications Assessed with GIS, *Environ Health Perspec*, 112(8): 889-897

Cadogan B.L., Sundaram K.M.S., Mickle R.E., Robinson A.G., Knowles K.R., Scharbach R.D. (1998) Efficacy of tebufenozide applied by aircraft using only upwind atomizers to control spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae), *Crop Protection*, 17(4): 315-321

Cantor K.P., Booze C.F. (1991) Mortality among aerial pesticide applicators and flight instructors: a reprint, *Archives of Environ Health*, 46(2): 110-16

Cantor K.P., Silberman W. (1999) Mortality among aerial pesticide applicators and flight instructors: follow-up from 1965-1988, *Am J Ind Med*, 36(2): 239-47

CPP (2002) Risques sanitaires liés à l'utilisation des produits phytosanitaires, Comité de la prévention et de la Précaution, 47 pages. Consultable en intégralité à l'adresse web : http://www2.environnement.gouv.fr/telch/2002-t1/200202-recomm-cpp-phytosan.pdf

Craig I.P., Woods N., Dorr G. (1998) A simple guide to predicting aircraft spray drift, *Crop Protection*, 17(6): 475-482

Craig I.P. (2004) The GDS model - a rapid computational technique for the calculation of aircraft spray drift buffer distances, *Computers and Electronics in Agriculture*, 43: 235-250

Da Silva A. (2003) Modélisation numérique des produits phytosanitaires. Thèse Université Montpellier II, *Energétique et génie des procédés*, 176 p.

EFH (1997) Exposure Factor Handbook, Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC 20460, Update to Exposure Factors Handbook EPA/600/8-89/043 - May 1989, EPA/600/P-95/002Fa, http://www.epa.gov/ncea/pdfs/efh/front.pdf

FAO (2002) Code international de conduite pour la distribution et l'utilisation des pesticides, Version révisée, Version adoptée lors de la 123ème session du Conseil de la FAO en novembre 2002

Ganzelmeier et al. (1995) Studies on the spray drift of plant protection products. Mitteillungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land-und Forstwirtschaft. Heft 305

Garry V.F., Holland S.E., Erickson L.L., Burroughs B.L. (2003) Male reproductive hormones and thyroid function in pesticides applicators in the Red River valley of Minnesota, *J Toxicol Environ Health A*., 66(11): 965-86

Gribetz B., Richter E.D., Krasna M., Gordon M. (1980) Heat stress exposure of aerial spray pilots, *Aviat Space Environ Med*, 51(1): 56-60

Hewitt A.J. (2000) Spray drift: impact of requirements to protect the environment, *Crop Protection*, 19(8-10): 623-627

Hewitt A.J. (2001) Spray drift studies with orchard airblast sprayers, *Parasitica*, 57(1-2-3): 33-37

Hooper G.H.S., French H. (1998) Comparison of measured fenitrothion deposits from ULV aerial locust control applications with those predicted by the FSCBG aerial spray model, *Crop Protection*, 17(6): 515-520

ICPADM (2004) Proceedings of the International Conference on Pesticide Application for Drift Management, October 27 – 29 2004, Washington State University Extension

INERIS (2003) Substances chimiques, Évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des installations classées. Consultable sur Internet : http://www.ineris.fr/

INSPQ (2002) Evaluation des risques toxicologiques associés à l'utilisation d'adulticides dans le cadre d'un programme de lutte vectorielle contre la transmission du virus du Nil Occidental, Institut National de Santé Publique du Québec, ISBN 2-550-39331-7. http://www.santecom.qc.ca

InVS (2000) Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact. Institut de Veille Sanitaire. Consultable sur Internet : http://www.invs.sante.fr

Jones S.M., Burks A.W., Spencer H.J., Lensing S., Roberson P.K., Gandy J., Helm R.M. (2003) Occupational asthma symptoms and respiratory function among aerial pesticide applicators, *Am J Ind Med*, 43(4): 407-17

Keifer M. *et al.* (1996) Symptoms and cholinesterase activity among rural residents living near cotton fields in Nicaragua, *Occ. Env. Med*, 53: 726-29

McClure G.Y.H. *et al.* (2001) Evaluation of Immune Parameters in Propanil-Exposed Farm Families, *Arch. Environ. Contam. Toxicol*., 41: 101-111

McConnell R., Pacheco Anton A.F., Magnotti R. (1990) Crop duster aviation mechanics: high risk for pesticide poisoning, *Am J Public Health*, 80(10): 1236-1239

Marty M.A. *et al.* (1994) Assessment of exposure to malathion and malaoxon due to aerial applications over urban areas of Southern California, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 4(1): 65-81

Miller D.R., Yendol W.E., Ducharme K.M., Maczuga S., Reardon R.C., McManus M.A. (1996) Drift of aerially applied diflubenzuron over an oak forest, *Agricultural and Forest Meteorology*, 80(2-4): 165-176

Miller D.R., Stoughton T.E. (2000) Response of spray drift from aerial applications at a forest edge to atmospheric stability, *Agricultural and Forest Meteorology*, 100: 49-58

Morrissey B. (2001) Aerial Spraying for Asian Gypsy Moth – May 2000, Washington State Department of Health, Seattle, WA

NRC (1983) National Research Council, Committee on the Institutional Means for Assessment of Risks for Public Health. Risk Assessment in the Federal Government: managing the process, Nat. Acad. Press Washington

Paustenbach D.J. (2000) The practice of exposure assessment: A state-of-the-art review (Reprinted from Principles and Methods of Toxicology, 4th edition, 2001), Journal of Toxicology and Environmental Health-Part B-Critical Reviews 3(3): 179-29

Payne N.J., Retnakaran A., Cadogan B. (1997) Development and evaluation of a method for the design of spray applications: aerial tebufenozide applications to control the eastern spruce budworm, Choristoneura fumiferana (Clem.), *Crop Protection*, 16(3): 285-290

Payne N.J. (2000) Factors Influencing Aerial Insecticide Application to Forests, *Integrated Pest Management Reviews*, 5(1): 1-10

Pearce M., Habbick B., Williams J., Eastman M., Newman M. (2002) The effects of aerial spraying with Bacillus thuringiensis Kurstaki on children with asthma, *Can J Public Health*, 93(1): 21-5

Petrie K. *et al.* (2003) Symptoms complaints following aerial spraying with biological insecticide Foray 48B, *New Zealand Med J*, 116(1170)

Picot J.J.C., Kristmanson D.D. (1997) Forestry Pesticide Aerial Spraying: Spray Droplet Generation, Dispersion, and Deposition, *Environmental Science and Technology*, Library 12, Février 1997.

Quantick H.R., Perry I.C. (1981) Hazards of chemicals used in agricultural aviation: a review, *Aviat Space Environ Med*, 2(10): 581-8

Richards S.M. *et al.* (2001) Propanil Particulate Concentrations within and Near the Residences of Families living Adjacent to Aerially Sprayed Rice Fields, *Arch. Environ Contam. Toxicol.*, 41: 112-116

Robinson R.C., Parsons R.G., Barbe G., Patel P.T., Murphy S. (2000) Drift control and buffer zones for helicopter spraying of bracken (*Pteridium aquilinum*), *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 79: 215-231

Saiyed H. et al. (2003) Effect of endosulfan onmale reproductive development, *Environ Health Perspect*, 111(16): 1958-1962

Sanderson R., Hewitt A.J., Huddleston E.W., Ross J.B. (1997) Relative drift potential and droplet size spectra of aerially applied Propanil formulations, *Crop Protection*, 16(8): 717-721

Shires S.W., Bennett D. (1985-a) Contamination and effects in freshwater ditches resulting from an aerial application of cypermethrin, *Ecotoxicol, Environ Saf,* 9(2): 145-58

Shires S.W. *et al.* (1985-b) Effects of aerial applications of cypermethrin and demeton-S-methyl on nontarget arthropods of wheat, *Ecotoxicol Environ Saf*, 10(1): 1-11

Sidahmed M.M., Brown R.B. (2002) Computer simulation of factors affecting drift from a forestry airblast sprayer, *Canadian Biosystems Engineering*, 44(2): 27-35

Southwood J.M., Muir D.C.G., Mackay D. (1999) Modelling agrochemical dissipation in surface microlayers following aerial deposition, *Chemosphere*, 38(1): 121-141

Sundaram K.M., Szeto S., Hindle R., MacTavish D. (1980) Residues of nonylphenol in spruce foliage, forest soil, stream water and sediment after its aerial application, *J Environ Sci Health B.*,15(4): 403-419

Szeto S., Sundaram K.M. (1981) Residues of chlorpyrifos-methyl in balsam fir foliage, forest litter, soil, stream water, sediment and fish tissue after double aerial applications of Reldan*, J Environ Sci Health B.*,16(6): 743-766

Teske M.E., Bird S.L., Esterly D.M., Curbishley T.B., Ray S.L., Perry S.G. (2002-a) AgDRIFT: a model for estimating near-field spray drift from aerial applications, *Environ Toxicol Chem*, 21(3): 659-671

Teske M.E., Bird S.L., Esterly D.M., T.B., Ray S.L., Perry S.G. (2002-b) A user's guide for AgDRIFT® 2.0.05: a tired approach for the assessment of spray drift of pesticides, Regulatory version, C.D.I. Report No. 01-02, prepared for the Spray Drift Task Force, January 2002.

Teske M.E., Thistle H.W., Hewitt A.J., Valcore D.L. (2003) Droplet evaporation corrections for aerial spray drift modeling I: Theoretical considerations, *Atomization and Sprays*, 13: 243-250

Thomas D.C., Petitti D.B., Goldhaber M., Swan S.H., Rappaport E.B., Hertz-Picciotto I. (1992) Reproductive outcomes in relation to malathion spraying in the San Francisco bay area, 1981-1982, Epidemiolgy, 3(1): 32-39

Ullmann L., Phillips J., Sachsse K. (1980) Cholinesterase surveillance of aerial applicators and allied workers in the Democratic Republic of the Sudan, *Arch Environ Contam Toxicol*, 8(6): 703-712

Viret O., Siegfried W., Holliger E. *et al.* (2003) Comparison of spray deposits and efficacy against powdery mildew of aerial and ground-based spraying equipment in viticulture, *Crop Protection*, 22(8): 1023-1032

Wan M.T. (1983) Programme de suivi environnemental de certaines opérations d'épandage d'herbicide en Colombie-Britannique. Évaluation des produits chimiques, Rapport de programme régional (Région du Pacifique). #83-01, 151p

Wan M.T. (1989) Observations du potentiel de dérive des embruns lors des épandages aériens dans les forêts côtières de la Colombie-Britannique. Évaluation des produits chimiques, Rapport de programme régional (Région du Pacifique), 87-21 87p

WHO/FAO (2002) Manual on development and use of FAO and WHO specifications for pesticides, First Edition, FAO plant production and protection paper 173, Prepared by the FAO/WHO Joint Meeting on Pesticide Specifications (JMPS)

WHO (2003-a) Space spray application of insecticides for vector and public health pest control, A practitioner's guide, WHO Geneva Communicable Disease Control, Prevention and Eradication, WHO Pesticide Evaluation Scheme. WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/2003.5

WHO (2003-b) Principes directeurs pour la gestion des pesticides utilises en santé publique, Rapport d'une consultation interrégionale de l'OMS, Chiang Mai (Thaïlande), 25-28 février 2003, Organisation mondiale de la Santé, Maladies transmissibles : lutte, prévention et éradication, Système OMS d'évaluation des pesticides (WHOPES). WHO/CDS/WHOPES/2003.7

Wilson D.M., Wan M.T. (1975) Efficacité des zones tampons près des cours d'eau durant l'épandage aérien des herbicides chlorophénoxy et picloram herbicides. Évaluation des produits chimiques, Rapport de surveillance (Région du Pacifique): #EPS-5-75-3. 39p

Woodham D.W., Reeves R.G., Williams C.B., Richardson H., Bond C.A. (1974) Residues of dimethoate and its oxygen analog on and in citrus leaves following a helicopter treatment of the trees with dimethoate ultra-low volume concentrate and high volume spray, *J Agric Food Chem*, 22(4): 731-733

Woodrow J.E., Wong J.M., Seiber J.N. (1989) Pesticide residues in spray aircraft tank rinses and aircraft exterior washes, *Bull Environ Contam Toxicol*, 42(1): 22-29